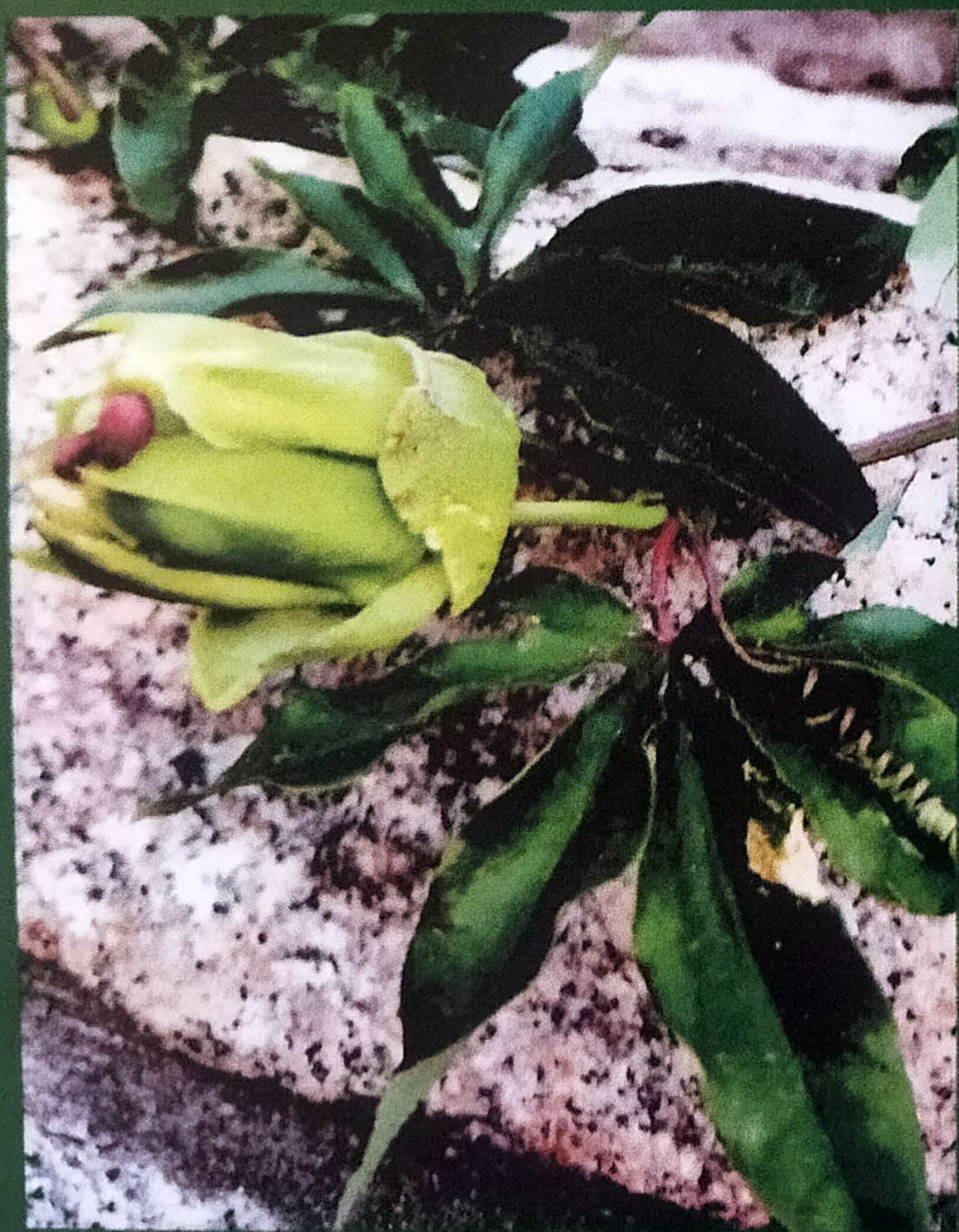


Marius-Nicușor Grigore

Morfologia plantelor

Aspecte ecologice



Editura Universității „Ștefan cel Mare” Suceava

Marius-Nicușor Grigore

•

MORFOLOGIA PLANTELOR

Aspecte ecologice

Marius-Nicușor Grigore (n. 18.04.1980, mun. Pașcani, jud. Iași) a absolvit în 2004 Facultatea de Biologie, specializarea Biologie, din cadrul Universității „Alexandru Ioan Cuza” din Iași; doctor în biologie din 2008, cu o teză de doctorat în domeniul anatomiei ecologice a halofitelor din România. Pregătire postdoctorală în domeniul ecofiziologiei halofitelor și răspunsurilor fiziologice și biochimice ale plantelor la stresul salin; specializare în didactica specialității (biologiei) în mediul universitar. Activitatea științifică se rezumă la publicarea a 9 cărți, dintre care 3 la editura internațională de prestigiu Springer (două de autor, una în calitate de editor-șef); 9 capitole de carte în cărți publicate la edituri internaționale de prestigiu (Springer, CABI); 80 de articole științifice, majoritatea în domeniul biologiei halofitelor, fiziologiei stresului abiotic (salin, hidric, radiații) la plante, evaluării unor compuși antioxidanți din plante de interes economic, în domeniul didacticii biologiei și abordărilor conceptuale în biologie, etnobotanicii; a derulat numeroase misiuni științifice în țară și străinătate; cercetător invitat de prestigiu la Universitatea Politehnică din Valencia; director de proiect și membru în numeroase proiecte de cercetare; premiul „Emil Racoviță” al Academiei Române; masterat în domeniul științelor educației și licențiat în psihologie. În cadrul Facultății de Medicină și Științe Biologice, Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava, predă disciplinele de Morfologie și anatomie vegetală, Citologie generală, Sistematica Criptogamelor și Didactica specialității.

Referenți științifici:

Conf. univ. dr. **Lăcrămioara Carmen Ivănescu**, Facultatea de Biologie,
Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași
Șef lucrări dr. **Cezar Tomescu**, Facultatea de Silvicultură,
Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava

Marius-Nicușor Grigore

MORFOLOGIA
PLANTELOR
Aspecte ecologice

Editura Universității „Ștefan cel Mare” Suceava
2022

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

GRIGORE, MARIUS-NICUȘOR

Morfologia plantelor : aspecte ecologice /

Marius-Nicușor Grigore. - Suceava: Editura Universității

„Ștefan cel Mare”, 2022

Conține bibliografie

ISBN 978-973-666-715-2

CUPRINS

INTRODUCERE	9
RĂDĂCINA.....	11
Generalități.....	11
A. Rădăcini normale.....	11
Morfologia rădăcinii	12
B. Rădăcini adventive	21
C. Ramificarea rădăcinilor	23
D. Forme de rădăcini – sisteme de înrădăcinare.....	25
E. Clasificarea rădăcinilor după mediul în care se dezvoltă.....	27
F. Rădăcini metamorfozate subterane (subpământene).....	30
a) Rădăcini tuberizate	30
b) Rădăcinile contractile.....	35
G. Rădăcini aeriene metamorfozate	36
a) Rădăcini care absorb (și depozitează) vapori de apă atmosferici	37
b) Rădăcini asimilatoare (fotosintetice).....	37
c) Rădăcini respiratoare (pneumatofori).....	38
d) Rădăcini fixatoare	43
e) Rădăcini proptitoare	47
f) Rădăcini haustoriale („false”).....	51
g) Nodozitățile de pe rădăcini	53
h) Micorizele	56
i) Rădăcini purtătoare de muguri	59
j) Rădăcini acvatiche	61
RĂDĂCINA – ASPECTE ECOLOGICE.....	63
A. Rădăcina la xerofite – medii uscate (xerice, aride).....	64
I. Particularități ale sistemului radicular.....	64
1. Adâncimea de penetrare și răspândirea rădăcinilor în sol.....	64
2. Forma sistemelor radiculare	76
II. Relația parte supratereană–rădăcină	77
III. Adaptări speciale	90
IV. Rădăcini acvifere (cu rol în stocarea apei) și care depozitează substanțe de rezervă	92
V. Interacțiuni ale sistemelor radiculare la plantele de deșert	93
B. Rădăcinile aeriene – cazul epifitelor.....	95
C. Rădăcinile plantelor acvatiche	110
TULPINA	121
Generalități	121
Morfologia tulpinii	121

Părțile tulpinii.....	121
Noduri și internoduri	122
Mugurii.....	122
Dispoziția mugurilor pe ax	122
Originea și dezvoltarea mugurilor	127
Creșterea în lungime a tulpinii.....	129
Ramificarea tulpinii.....	131
Forme (tipuri) de tulpini	136
I. Tulpini aeriene.....	137
1. Normale.....	137
A. Tulpini ierboase	137
Orientarea tulpinilor aeriene	137
Tulpini ortotrope.....	137
Tulpini plagiotrope	143
B. Tulpini lemnoase.....	145
2. Metamorfozate	145
II. Tulpini subterane.....	148
III. Tulpini acvatice.....	158
TULPINA – ASPECTE ECOLOGICE.....	161
I. Tipuri de plante lemnoase	164
II. Forma tulpinilor la xerofite – în relație cu habitatele xerice (uscate).....	167
III. Tulpinile plantelor acvatice	179
IV. Aspecte ecologice la tulpinile plantelor din pădurile tropicale.....	183
1. Structura coronamentului cu frunziș.....	184
2. Arhitectura coroanelor arborilor	185
3. Lianele	188
FRUNZA.....	210
Generalități	210
Ontogenia frunzei	210
Filogenia frunzei.....	212
Tipuri de frunze în raport cu dezvoltarea ontogenetică.....	212
Prefoliație sau vernație.....	216
Estivație (foliație)	218
Morfologia frunzei.....	219
I. Frunze simple	220
A. Limbul frunzei.....	220
II. Frunze compuse	228
B. Pețiolul sau codița	229
C. Baza frunzei sau teaca	232
Anexele foliare	235
Metamorfozele frunzelor	240
1. Metamorfoze foliare pentru apărare	240
2. Metamorfoze foliare pentru agățare.....	240
3. Filodii	246

4. Frunza ca organ de absorbție	253
5. Frunze transformate în solzi sau scvame.....	253
6. Frunze transformate la plantele carnivore (insectivore)	255
Dispoziția frunzelor pe tulpină.....	261
Variații în dispoziția frunzelor pe tulpină	261
FRUNZA – ASPECTE ECOLOGICE.....	272
I. Caractere (trăsături) funcționale ale frunzei	274
II. Ecologia frunzei la xerofite	284
a. Diminuarea temporară a suprafeței de transpirație	285
b. Reducerea permanentă a frunzei.....	286
c. Forme de frunze la xerofite.....	287
d. Reglarea gradului de iluminare la nivelul frunzei.....	301
1. Mișcări prin care este reglat gradul de iluminare (Reglare temporară)	301
2. Poziții fixe în raport cu lumina (Reglare permanentă)	304
e. Frunze cu rol protector – control al transpirației.....	308
f. Situații ecologice particulare ale frunzei la plante din grupul xerofitelor.....	309
III. Ecologia frunzei la plante din păduri tropicale	313
IV. Ecologia frunzei la plantele acvatice	314
Heterofilia la plantele acvatice	338
FLOAREA LA ANGIOSPERME	343
1. Pedicelul floral.....	343
2. Axul floral (receptaculul)	346
3. Învelișurile florale (periant).....	346
Caliciul.....	348
Corola.....	350
4. Organe reproducătoare	351
a. Androceul	351
b. Gineceul.....	353
Inflorescențe	356
FLOAREA – ASPECTE ECOLOGICE.....	364
Adaptări la polenizare.....	364
Condiții favorabile pentru realizarea zoidofiliei	377
Factori care favorizează sau defavorizează zoidofilia.....	381
SĂMÂNȚA.....	386
FRUCTUL.....	393
Nomenclatura fructelor.....	393
Clasificarea fructelor	394
I. Fructe simple.....	395

1. Fructe cărnoase indehiscente	395
A. Baca	395
B. Melonida (peponida).....	396
C. Hesperida	396
D. Drupa	397
2. Fructe cărnoase dehiscente	397
3. Fructe uscate dehiscente	398
A. Folicula.....	398
B. Păstaia (leguma).....	398
C. Silicva (silicula).....	399
D. Capsula	400
4. Fructe uscate indehiscente	402
II. Fructe multiple sau agregate	408
III. Fructe false.....	409
IV. Fructe compuse.....	410
ECOLOGIA SEMINTELOR ȘI A FRUCTELOR.....	411
Relații mutualiste între plante și animale legate de răspândirea fructelor și semințelor	411
1. Plante anemochore: răspândite prin vânt	412
2. Plante hidrochore: răspândite prin apă.....	417
3. Plante zoochore – răspândite cu ajutorul animalelor	422
4. Dispersare prin propulsie	424
BIBLIOGRAFIE.....	426

INTRODUCERE

Morfologia plantelor, alături de anatomia plantelor, reprezintă cele două componente majore, esențiale ale axei biologiei vegetale. Deși sunt, dacă privim la istoria științelor biologice, componente vechi, „clasice” ale botanicii, rolul lor actual, în contextul modernității și interdisciplinarității științelor biologice, continuă să fie la fel de important.

Taxonomia (sistematica) „clasică” a plantelor se bazează încă pe diferențierea speciilor după caracterele lor morfologice (văzute cu ochiul liber sau cu lupa), în special cele de reproducere, dar și vegetative și, în ciuda dezvoltării fără precedent a taxonomiei moleculare și genetice, rămâne un domeniu indispensabil al botanicii, văzută în sens larg.

Organele plantelor – iar în cartea de față este vorba de organele fanerogamelor, cu accent deosebit pe cele ale angiospermelor, monocotiledonate și dicotiledonate – reprezintă rezultatul unui proces evolutiv de durată, modelat meticulos sub acțiunea factorilor de mediu. Cu această observație simplificată, dar care ascunde în fundal nenumărate și foarte complicate discuții asociate, dorim să subliniem faptul că fiecare concept din morfologia plantelor – de la organele propriu-zise până la termenii corelați acestora – spune o „poveste” biologică care este prea lungă și complicată pentru a putea fi cuprinsă în paginile unei cărți. Ceea ce poate fi cuprins însă, deci și în lucrarea de față, se referă la noțiuni de bază privind organele vegetative și de reproducere ale plantelor.

În plus, ca un element de noutate pentru literatura care se referă la morfologia plantelor, cel puțin din România, am încercat să dăm lucrării de față o tentă ecologică, desigur, departe de a fi exhaustivă. Din acest motiv, la fiecare organ al plantei sunt oferite noțiuni de bază privind morfologia acestuia, noțiuni completate apoi de câteva elemente de ecologie care privesc organul respectiv. Cu această (nouă) abordare, am dorit să traducem în practică o viziune ecologică, integrativă asupra morfologiei plantelor, ceea ce am încercat să implementăm, de-a lungul timpului, și în domeniul anatomiei plantelor, cu accent, în special, pe anatomia halofitelor – a se vedea, în acest sens, la bibliografie, o parte dintre lucrările autorului.

Din punct de vedere didactic (deși cartea de față nu se adresează numai studenților), am dorit să transmitem următorul mesaj: este foarte important – dacă nu cumva este chiar unicul scop axial în didactica științelor biologice – ca noțiunile din biologie (în acest caz, morfologia plantelor) să fie privite inter-relaționat, urmând și respectând o logică a sensului ecologic, funcțional, evolutiv etc.

Sperăm că această carte, proiectată ca una de morfologie ecologică a plantelor, să fie un bun prilej pentru generarea, în rândul cititorilor, de noi întrebări, provocări care – aspect ...vital în biologie – să stimuleze curiozitatea și dorința de

documentare științifică ulterioară, pornind deci de la „simplele” concepte morfologice. Din acest punct de vedere, așa cum se va vedea, fiecare concept asociat termenilor morfologici ne poate purta într-un univers nesfârșit de discuții; heterofilia, polenizarea, răspândirea fructelor și semințelor, adaptările morfologice ale diferitelor grupe ecologice de plante – plantele de deșert, cele acvatice, cele tropicale, cele de mlaștini, turbării, liane, epifite etc. –, toți acești termeni se pot preta la discuții separate – de ordin fiziologic, biochimic, evolutiv, economic, etimologic etc. – discuții care nu pot fi abordate într-o singură lucrare, decât poate, cel mult, pur tangențial. Titlurile de lucrări menționate la bibliografie pot reprezenta un punct de plecare pentru lărgirea orizontului de cunoaștere.

Dezvăluirea acestui sens ni se pare cel puțin la fel de importantă ca însuși conținutul acestei cărți, iar mesajul – invitație la noi descoperiri în domeniul botanicii – îl considerăm ca o parte integrantă a unei filosofii didactice în biologie.

În mod obișnuit – dar nu este o regulă – cărțile (lucrările) de morfologie a plantelor sunt însoțite și de partea de anatomie a plantelor; „regula” funcționează poate mai ales atunci când este vorba despre o abordare pur descriptivă a morfologiei și anatomiei plantelor. Cum nu este cazul pentru cartea de față, am decis să tratăm partea de morfologie (plus ecologie) separat de cea de anatomie. După același model și circumscris aceleași viziuni ecologice (integrative), avem în pregătire, în momentul de față, și partea de anatomie a plantelor, cu elemente de ecologie; la final, sperăm să avem o lucrare completă (didactic, nu și științific) de morfologie și anatomie ecologică a plantelor, lucrare care ar îngloba măcar o parte din preocupările autorului din ultimii 18 ani.

RĂDĂCINA

Generalități

Rădăcina este unul din organele principale ale plantei, dezvoltat, de obicei, în partea inferioară a plantei, care crește ortotrop de sus în jos (geotropism pozitiv) și se adâncește în sol. Ea are o formă cilindrică sau cilindro-conică. Se deosebește de alte organe subterane prin lipsa frunzelor și a mugurilor (normali), prin prezența unei scufii protectoare la vârful și printr-o structură anatomică proprie.

Are următoarele funcții importante (principale):

- fixează planta în sol, asigurându-i o rezistență mare la acțiunea factorilor mediului extern;
- servește la aprovizionarea plantei cu apă și substanțe minerale dizolvate în ea.

Pe lângă aceste funcții principale, rădăcinile multor plante mai pot îndeplini și alte funcții. Astfel, frecvent ele pot servi la:

- depozitarea substanțelor de rezervă (îndeosebi la plante perene).
- mijloc de înmulțire vegetativă, deoarece pe unele rădăcini se formează muguri care dau tulpini aeriene. În mod firesc, adaptarea la funcții diferite implică modificări morfologice și anatomice specifice.

Rădăcinile sunt întotdeauna lipsite de frunze. Au, în general, culoarea brună și numai cu totul excepțional, în unele rădăcini metamorfozate, se formează clorofilă și pot face fotosinteză (Morariu, 1965; Todor, 1958).

Ținând seama de originea și dezvoltarea rădăcinilor la plante, adică de criteriul morfogenetic, se disting:

- rădăcini normale;
- rădăcini adventive;
- rădăcini metamorfozate - tratate la capitolul „Clasificarea rădăcinilor după mediul în care se dezvoltă”.

A. Rădăcini normale

Rădăcina este diferențiată chiar în embrion și se numește *radiculă* sau *rădăcină embrionară*. Este primul organ care apare din sămânță când aceasta germinează. Radicula, în dezvoltarea ei, va forma rădăcina principală (care, la monocotiledonate, este de scurtă durată). Zona de trecere dintre rădăcina principală și tulpină se numește *colet*.

Rădăcina principală are o poziție verticală, crescând prin vârful său, printre particulele solului. Alcătuiește pivotul pe care se dezvoltă alte rădăcini numite

secundare sau laterale. La plantele dicotiledonate și la unele monocotiledonate, din sămânță se formează o singură rădăcină embrionară (Fig. 1). La unele graminee, atunci când sămânța germinează, ies mai multe rădăcini embrionare. Astfel, la grâu 3-5, la secară 4, la orz 5-8, în timp ce la porumb (Fig. 2), mei, sorg, se dezvoltă una singură. Facem de pe acum precizarea că fructul de la poacee (graminee) este o cariopsă (numită popular „bob”) caracterizată prin faptul că tegumentul unicei semințe din interior este concrescut complet cu peretele fructului.

În afară de rădăcinile provenite din radiculă, la unele plante se mai formează rădăcini pe tulpină, acestea numindu-se *rădăcini adventive* (Fig. 3 – la porumb) (Morariu, 1965; Todor, 1958).

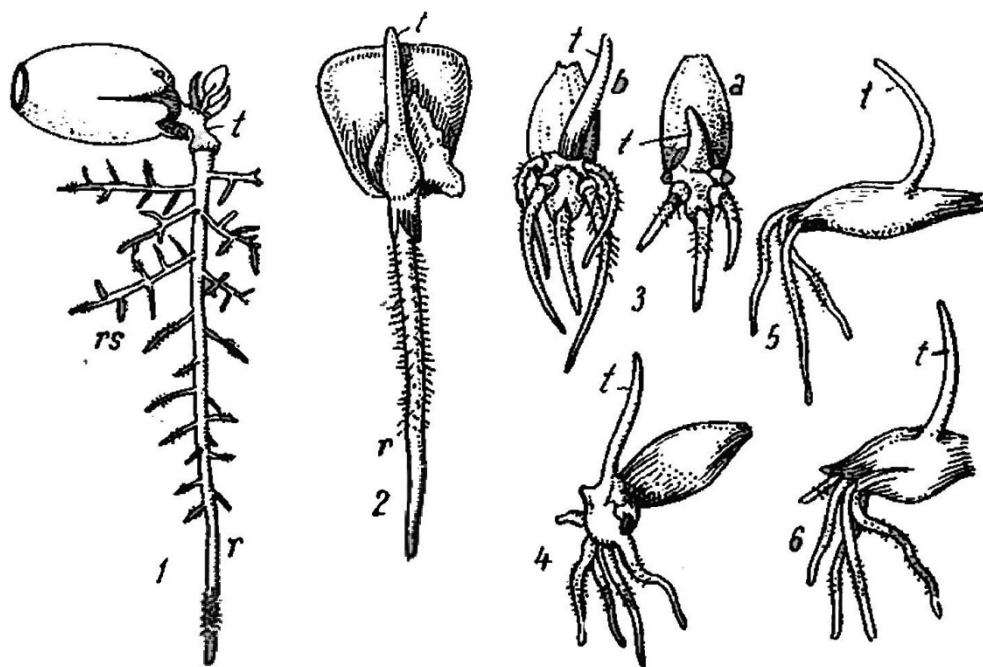


Fig. 1. 1 – Ghindă de stejar germinată: r – rădăcină principală și rs – multe rădăcini secundare; 2 – „bob” (cariopsă) de porumb germinat; r – rădăcină embrionară; 3 – „boabe” de grâu germinate: a cu 3, b cu 5 rădăcini embrionare; 4 – „bob” de secară germinat; 5 – „bob” de ovăz germinat; 6 – „bob” de orz germinat; t – tulpinița (Todor, 1958)

Morfologia rădăcinii

Regiunile (zonele) rădăcinii

Regiunile unei rădăcini se pot observa ușor în primele faze ale formării plantulei, imediat după germinarea seminței. Menționăm că definiția morfologică a termenului de plantulă ridică unele probleme de interpretare, cel puțin în limbajul

morfologic românesc; plantula, ca stadiu ontogenetic în viața plantei, presupune, în linii mari (cu mici deosebiri pentru germinația epigee și cea hipogee), prezența: rădăcinii principale, a coletului, hipocotilului, cotiledoanelor, epicotilului și a minim două frunze normale (nomofile) – acestea din urmă fiind verzi, pot face fotosinteza și asigura, astfel, autonomia nutritivă a tinerei plante, etapă care coincide cu încetarea stadiului de plantulă.

Într-un astfel de stadiu incipient al formării plantulei, pot distinge următoarele regiuni (Fig. 4, 5), începând de la vârf: piloriza (scufia, caliptra) ce acoperă vârful vegetativ; regiunea netedă; zona perilor absorbbanți; zona aspră, care este limitată înspre tulpină de colet.

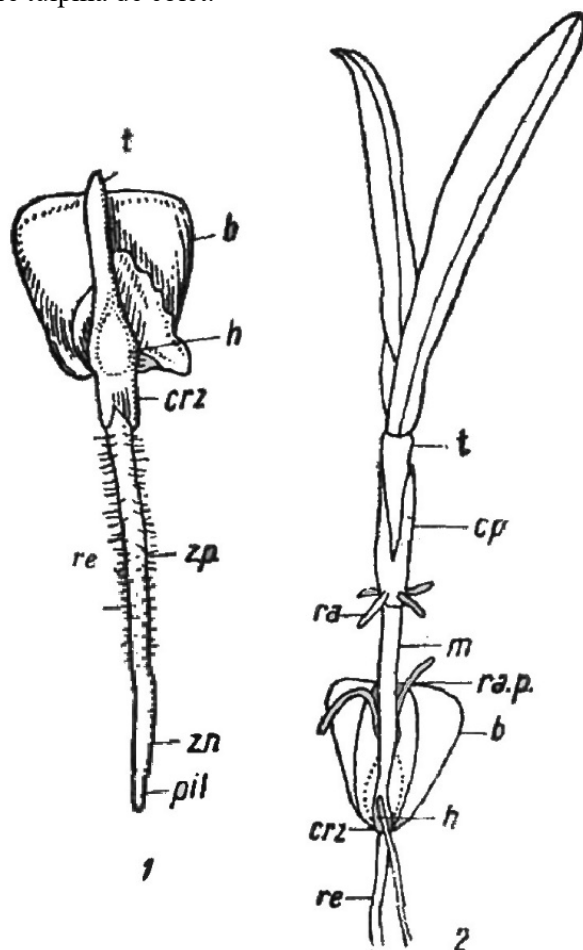


Fig. 2. 1 – Rădăcină embrionară la porumb (*Zea mays*): 1 – după patru zile; 2 – după 10 zile; re – rădăcină embrionară; pi – piloriza; zn – zona netedă; zp – zona piliferă; crz – coleoriză; t – tulpina; h – hipocotil; m – mezocotil; ra. p – rădăcini adventive primare; ra – rădăcini adventive permanente; cp – coleoptil; b – „bob” (Morlova *et al.*, 1966)

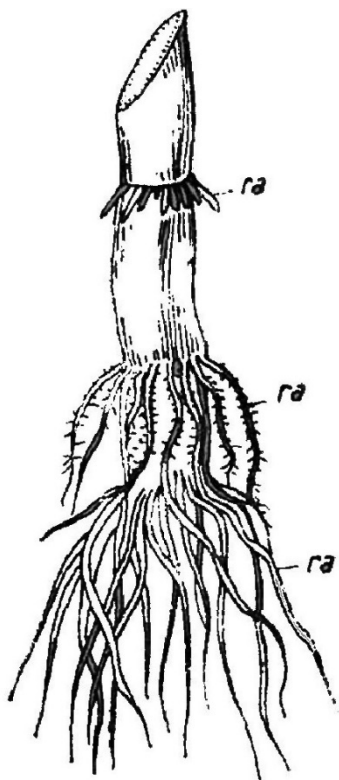


Fig. 3. Rădăcini adventive (ra) la porumb (Morlova *et al.*, 1966)

1. **Piloriza** - se mai numește *scufie* sau *caliptră* (Fig. 6a-c), se găsește în vârful rădăcinii principale sau ramificațiilor sale. Ea protejează vârful vegetativ (conul de creștere) în timpul pătrunderii sale în sol. Scufia are formă conică, fiind mai groasă la vârf și mai subțire pe margini. Are de obicei culoare brună sau galbenă. Lungimea pilorizei este de aproximativ 2-3 mm (de exemplu, la muștarul alb, *Sinapis alba*).

Pe măsură ce rădăcina pătrunde printre particulele dure ale solului, piloriza se exfoliază datorită frecării. Părțile îndepărtate sunt însă înlocuite cu alte celule, formate din interior de către anumite celule meristemate (ce aparțin meristemului de întreținere a scufiei).

Piloriza poate lipsi uneori; astfel, la multe plante parazite cum este torțelul (*Cuscuta*), la care durată vieții rădăcinii principale este scurtă, aceasta este înlocuită cu haustori (rădăcini modificate, adaptate la viața parazitară).

La unele plante de apă cum este lintița (*Lemna*) ș.a., vârful vegetativ este acoperit de rizomită, asemănătoare pilorizei (Fig. 6a; 7). Rizomită este alungită.

Ea nu se uzează, deci nu se exfoliază și servește la apărarea conului de creștere de animalele mici din apă. Originea rizomitrei este diferită de cea a pilorizei.

Vârful vegetativ al radiclei la plantele cu sămânță este alcătuit din așa numitele celule inițiale (meristem primordial), care prin diviziunea și formarea pereților paraleli cu suprafața rădăcinii (periclinali) sau perpendicular (anticlinali), vor da naștere la meristemele primare și apoi acestea la țesuturile definitive ale rădăcinii (Todor, 1958).

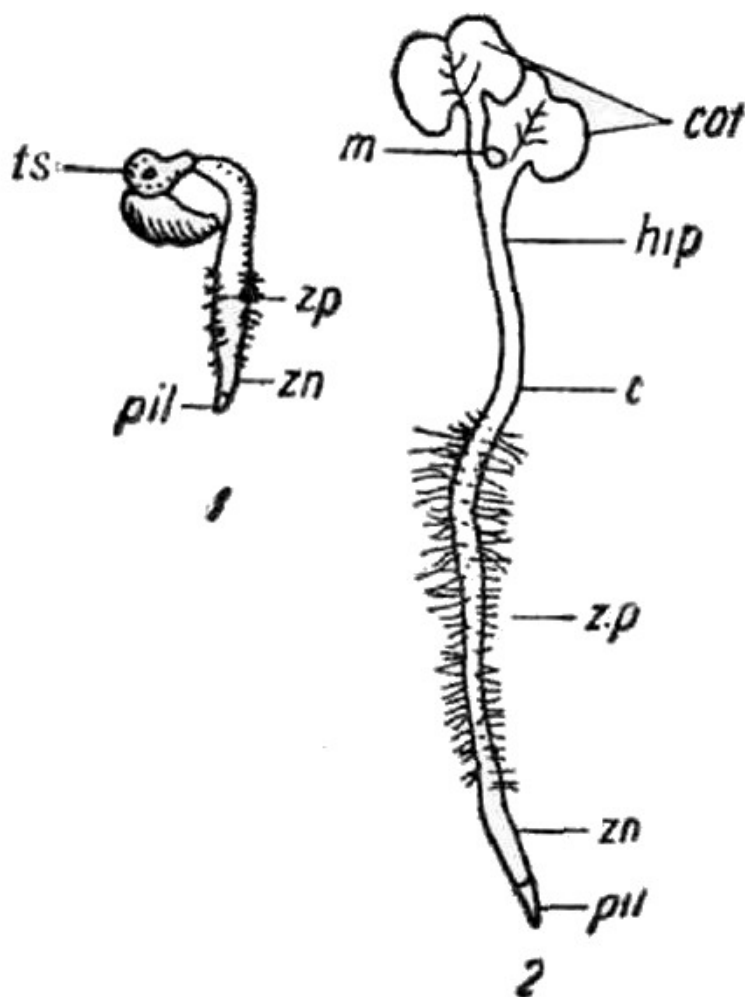


Fig. 4. Zonele rădăcinii de *Sinapis alba*: 1 – după 3 zile de la germinare; 2 – după 5 zile; pi – piloriză; zn – zonă netedă; zp – zonă piliferă; c – colet; hip – hipocotil; cot – cotiledoane; m – muguraș; ts – tegument seminal (Morlova *et al.*, 1966)

2. **Regiunea netedă.** Este partea unde are loc alungirea rădăcinii. Se numește „netedă”, întrucât este lipsită de peri, în comparație cu zona următoare, care are peri pe suprafața ei. Lungimea zonei netede este de cca. 2-5 mm. În această parte are loc creșterea în lungime a celulelor și diferențierea structurii interioare, formându-se rizoderma, scoarța și cilindrul central, din meristemele primare.
3. **Regiunea perilor absorbanti** (regiunea piliferă). Este a treia porțiune a rădăcinii, caracterizată prin prezența unui număr mare de peri ce îndeplinesc funcția de absorbție. Lungimea acestei zone este de cca. 10-30 mm. În totalitatea lor, perii alcătuiesc un manșon alburiu.

Perii absorbanti se formează din stratul cel mai extern al rădăcinii, numit rizodermă. Celulele cresc mult într-o singură parte, spre exterior, luând forma unor mici tubușoare (Fig. 8). Lungimea perilor variază, putând să ajungă de la cca. 0,15 mm până la 20 mm. Peri lungi, de cca. 1 cm, se găsesc la plantulele de bostan sau la sfecla de zahăr. La graminee, lungimea perilor este de aproximativ 0,75-20 mm. Perii absorbanti sunt adaptați pentru absorbția apei cu sărurile minerale dizolvate, din sol: peretele perilor și a rizodermei este lipsit de cuticulă, este permeabil și aderă foarte ușor la particulele solului, datorită substanțelor mucilaginoase pe care le conține. (Acest lucru se observă ușor dacă se smulge o plantulă tânără din sol și se spală). În interiorul perilor absorbanti se află o vacuolă mare, iar nucleul se găsește de regulă în vârf, presupunându-se că este implicat în coordonarea formării părului (Morariu, 1965; Todor, 1958).

Viața perilor radiculari este de scurtă durată, de cca. 10-20 zile. Ei sunt înlocuiți continuu în partea inferioară dinspre regiunea netedă. Sunt însă unele plante la care perii absorbanti au o durată de funcționare de până la 2 ani. La aceste plante, cum sunt unele compozite (*Asteraceae*), pereții celulari ai perilor se îngroașă și se lignifică.

Sunt unele plante la care lipsește regiunea piliferă, de exemplu, la unele orhidee epifite (Fig. 9), ce se dezvoltă pe ritidoma (generic, popular și impropriu numită „scoarță”, „coajă”) arborilor. Rădăcinile aeriene ale acestor plante își dezvoltă un țesut special de absorbție, rezultat din multiplicarea rizodermei (*velamen radicum* – vezi și Fig. 87). Regiunea absorbantă mai lipsește și la cele mai multe plante de apă, de exemplu, la lintiță (*Lemna*).

La multe specii ale căror rădăcini formează relații simbiotice cu hifele ciupercilor (simbioze numite micorize), funcția perilor absorbanti este înlocuită, uneori aproape în totalitate, de hifele miceliene.

4. **Regiunea aspră** este porțiunea care se află după regiunea absorbantă (deasupra ei). Ea este caracterizată prin suprafața aspră, datorită urmelor lăsate de perii radiculari ce s-au exfoliat și au căzut. Zona aspră se întinde până la colet și poate avea lungimi variate. Are culoare brună, deoarece rizoderma s-a exfoliat, iar celulele externe ale scoarței s-au suberificat (Todor, 1958).

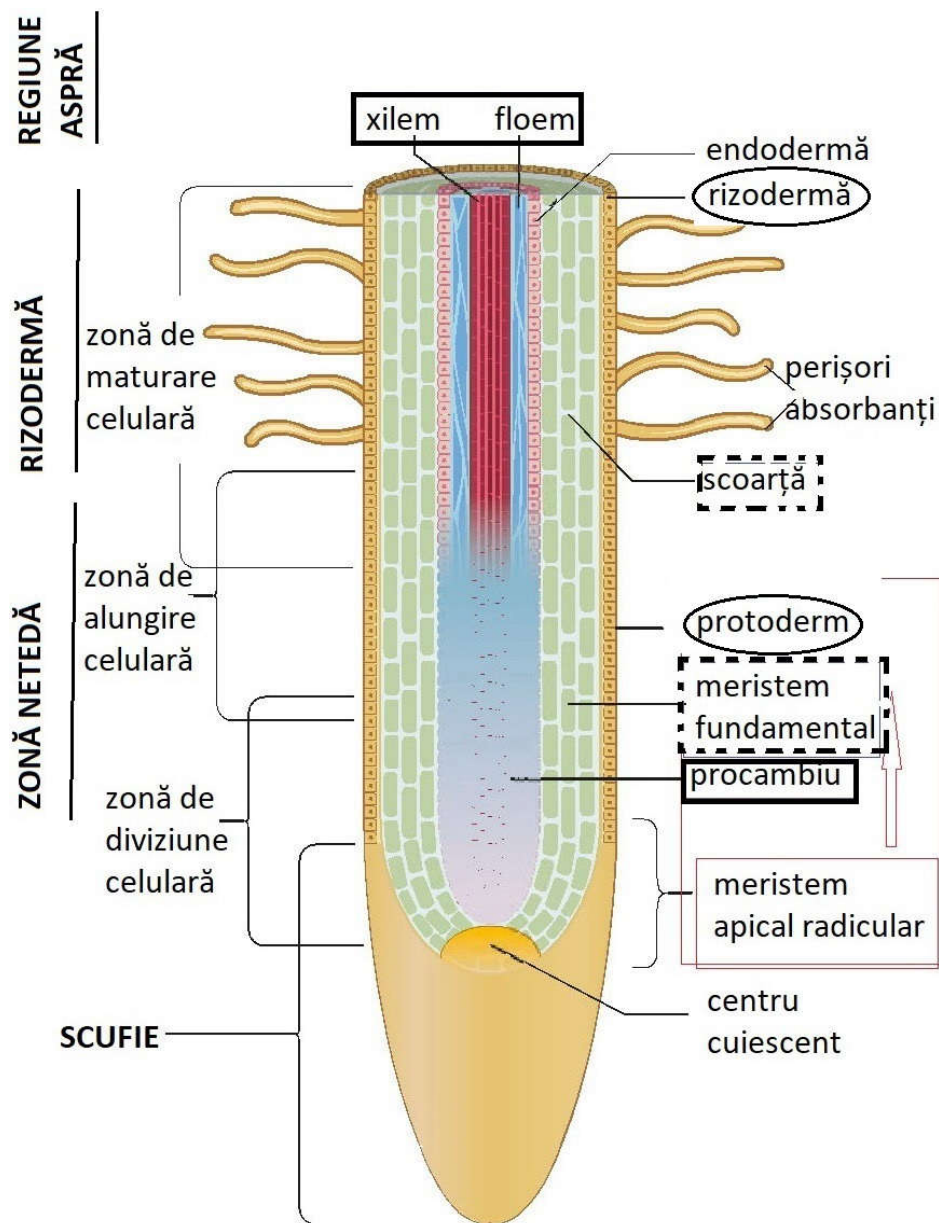


Fig. 5. Schemă integrată ilustrând zonele (regiunile) vârfului rădăcinii (majuscule, stânga) și țesuturile meristematice (dreapta, jos: meristem apical radicular, procambiu, meristem fundamental și protoderm), din activitatea celulelor lor rezultând structura primară (definitivă) a rădăcinii, vizibilă complet în dreptul regiunii pilifere; după cum se poate observa, din procambiu rezultă xilem și floem, din meristemul fundamental, scoarța, iar din protoderm, rizoderma (modificat și adaptat după Crang *et al.*, 2018)

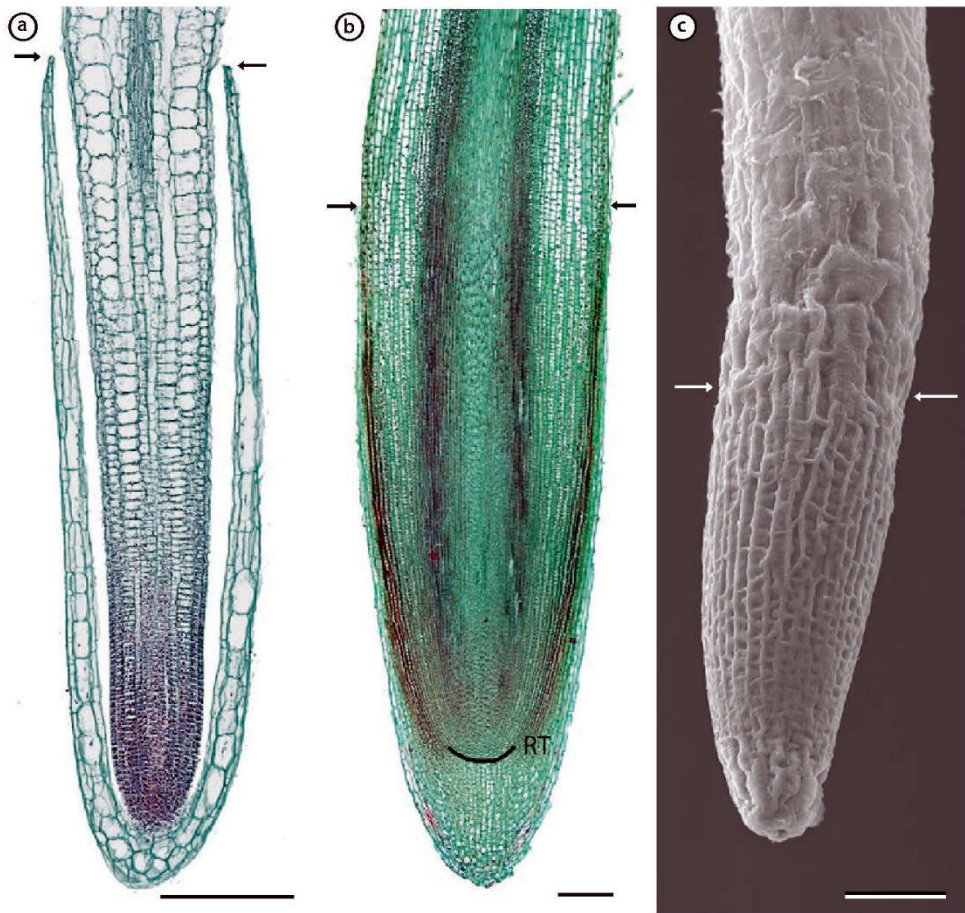


Fig. 6. Vârfuri de rădăcină cu scufie; a – rizomită la *Lemna* sp.; b – scufie la *Pisum sativum*; partea terminală a vârfului rădăcinii (RT) este delimitată de linia neagră; c – scufie la *Arabidopsis thaliana*; partea superioară a scufiei este indicată de săgețile albe (Crang *et al.*, 2018)

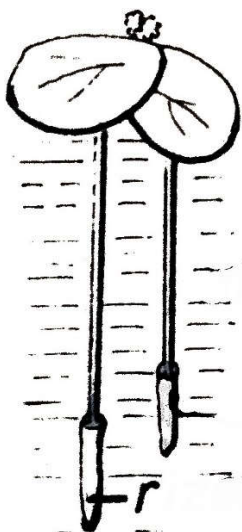


Fig. 7. Rizomită (r) la *Lemna* sp. (lintița apelor) (Andrei, 1997)

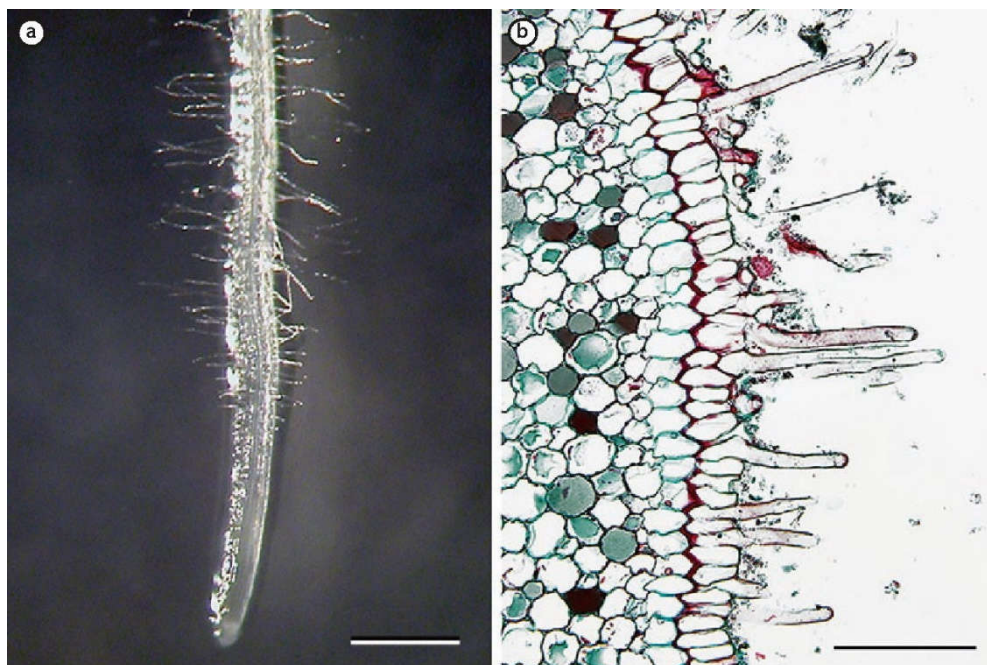


Fig. 8. Rizodermă: a – cu perișori absorbanți la *Arabidopsis lyrata*; b – secțiune transversală prin rădăcina de *Anthurium* sp., cu evidențierea perișorilor absorbanți (Crang *et al.*, 2018)



Fig. 9. *Epidendrum radicans* – orhidee epifită cu rădăcini aeriene (original); (etimologia speciei este foarte relevantă: *epi* – gr. – pe, deasupra; *dendron* – gr. – copac, arbore; *radicans* – lat. – (tulpină) care produce rădăcini)

B. Rădăcini adventive

Sunt rădăcinile care apar pe tulpină sau pe frunze (rădăcini „străine”, „venite din afară” – *adventicius* – lat.), înlocuind uneori rădăcina principală sau ramificațiile sale. Rădăcinile adventive au aceeași structură anatomică ca și rădăcinile normale și se formează din cilindrul central (periciclu).

La monocotiledonate, dezvoltarea rădăcinilor embrionare este de scurtă durată, locul lor fiind luat de rădăcinile adventive ce se dezvoltă la baza tulpinii (Fig. 1-3). La graminee, cum este porumbul ș.a., rădăcinile adventive se formează de pe primele noduri ale paiului, imediat la suprafața solului sau aproape de suprafață (Fig. 2-3). Ele se dezvoltă de jur-împrejurul nodurilor, alcătuind în totalitatea lor o coroană de rădăcini numite *rădăcini coronare*. Prezența acestor rădăcini se observă bine la porumb.

Rădăcinile adventive, pe lângă funcția de absorbție, mai servesc și la o mai bună fixare în sol a plantei.

Formarea rădăcinilor adventive este favorizată de contactul tulpinii sau frunzei cu solul umed. Rădăcinile care se formează de pe tuberculi, rizomi, bulbi sau stoloni (tulpini subterane metamorfozate), sunt, de asemenea, rădăcini adventive. Formarea rădăcinilor adventive are o mare importanță practică, îndeosebi la înmulțirea vegetativă. La fragi și căpșuni, rădăcinile se formează la noduri, dezvoltându-se apoi o rozetă de frunze.

Proprietatea de a forma rădăcini adventive o au și unele plante cu tulpina târătoare, cum este trifoiul alb (*Trifolium repens*; *repens*, lat. = *târâtor*), leguminoasă bună furajeră (ca multe alte leguminoase, prezintă rădăcini cu nodozități fixatoare de azot). Datorită acestei însușiri, această leguminoasă de pășuni se reface ușor după păscut (Fig. 10).

Un caz mai cunoscut de rădăcini adventive se întâlnește la o plantă ornamentală de apartament, filodendron (*Monstera deliciosa*, Fig. 11), care formează rădăcini la nodurile tulpinii. Ele sunt groase, lungi și de culoare brunie, formând o rețea care susține planta (rădăcini proptitoare) (Todor, 1958).

Așadar, rădăcinile adventive tind să fie asociate cu nodurile (pot fi denumite „rădăcini nodale”), iar pozițiile exacte de dezvoltare ale primordiilor endogene ale rădăcinii sunt guvernate de caracteristicile țesutului vascular de la acel nod. Acest lucru poate rezulta în modele destul de precise de dispunere a rădăcinii nodale, în special la dicotiledonate. În schimb, rădăcinile adventive ale plantelor cățărătoare iau naștere, adesea, între noduri (Fig. 12).

Rădăcini adventive, ca origine, sunt și cele întâlnite la plantele agățătoare, liane, plantele din zone tropicale, care prezintă deci rădăcini aeriene metamorfozate, cu rol în fixarea de substrat (suport) – adesea, de trunchiurile arborilor, dar și ziduri – discutate mai pe larg la secțiunea rădăcini metamorfozate aeriene și la cea dedicată considerațiilor ecologice ale rădăcinii, dar, mai ales, ale tulpinii, cu referire la epifite.



Fig. 10. Rădăcini adventive (ra) la trifoiul alb (*Trifolium repens*) (Todor, 1958)

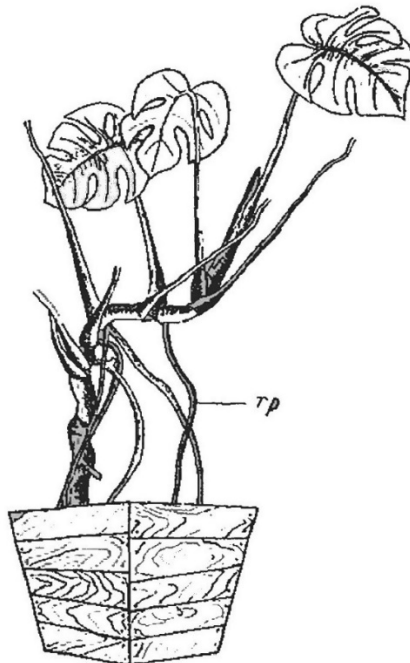


Fig. 11. Rădăcini adventive proptitoare (rp) la planta de apartament *Monstera deliciosa* (Todor, 1958)

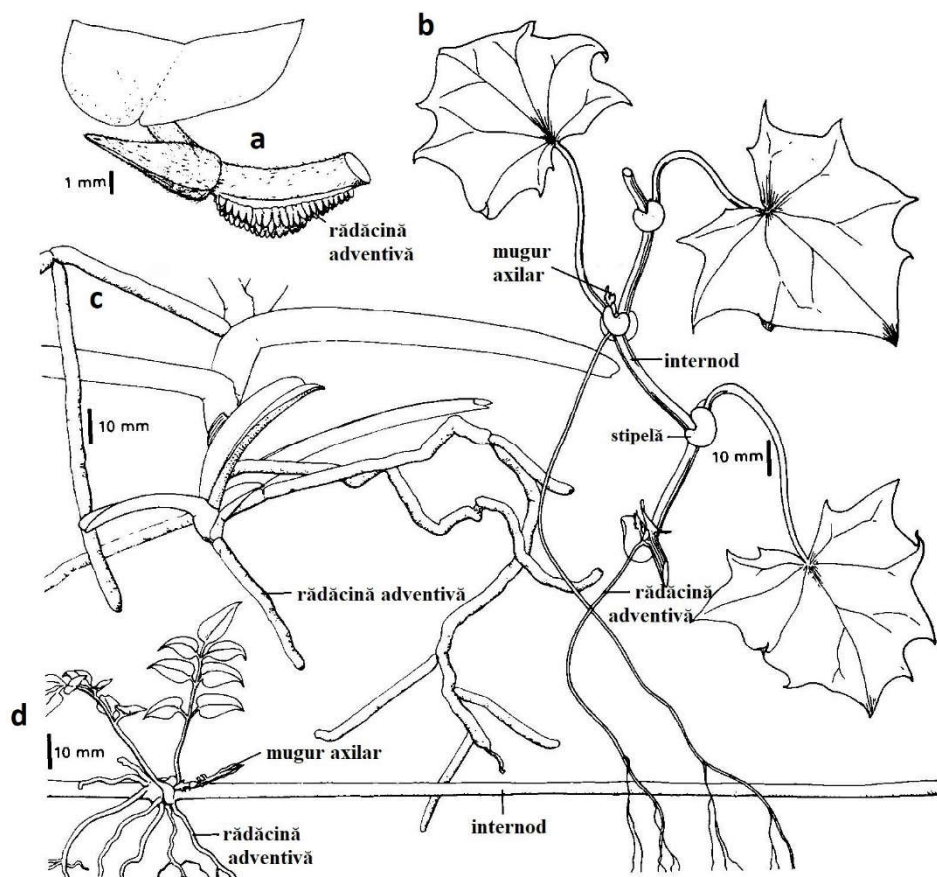


Fig. 12. a – *Ficus pumila*, porțiune terminală din tulpina cățărătoare; b – *Senecio mikanooides*; c – *Acampe* sp., rădăcini care se formează între tecile frunzelor; d – *Jasminum polyanthum*, porțiune de tulpină târătoare (plagiotropă) (Bell, 1991)

C. Ramificarea rădăcinilor

Radicula embrionară, după germinație, dezvoltându-se, devine *rădăcina principală* sau *pivotul* care, mai târziu, de obicei, se ramifică. Există mai multe tipuri de ramificare a rădăcinii (Todor, 1958; Morariu, 1965):

- a. Cea mai frecventă ramificare a rădăcinilor la plantele actuale este *monopodiul* sau *ramificarea monopodială*. Caracteristic pentru monopodiu este formarea radicelelor totdeauna lateral începând dinspre bază către vârf, nu numai la rădăcina principală, ci și la ramurile de orice ordin. Ramurile apar lateral, sub forma unor mici proeminente albe care cresc în formă de fire mai mult sau mai puțin groase, dispuse perpendicular sau oblic pe rădăcina principală și se adâncesc în orizonturile solului. Rădăcinile

secundare care ies din cea principală se numesc de ordinul I și, obișnuit, se formează la un unghi de cca. 45° (Fig. 13). Rădăcinile care se formează pe cele de ordinul I sunt de ordinul II, următoarele de ordinul III, IV etc., toate fiind *rădăcini secundare*. Ultimele ramificații ajung uneori să fie paralele cu suprafața solului. Rădăcinile mai tinere se găsesc în apropierea vârfului, iar cele mai vechi spre tulpină. Dacă se urmărește gradul de dezvoltare a rădăcinilor secundare de diferite ordine, se constată că cele de un ordin superior sunt, în general, mai puțin dezvoltate, fiind mai subțiri. De reținut că unele sisteme de clasificare consideră rădăcina principală ca fiind de ordinul I, ceea ce înseamnă că cele care se formează din aceasta devin de ordinul II etc.

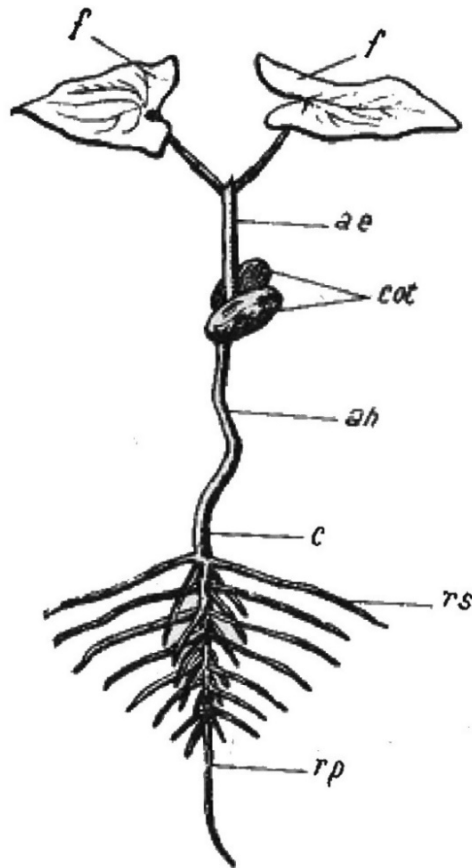


Fig. 13. Plantulă de fasole (*Phaseolus vulgaris*) cu germinație epigea: rp – rădăcină principală; rs – rădăcini secundare; c – colet; ah – axa hipocolilă; cot – cotiledoane, ae – axa epicotilă; f – primele frunze (Todor, 1958)

- b. *Ramificarea dichotomică*. Este cel mai simplu și totodată cel mai vechi sistem de ramificare; constă în bifurcarea rădăcinii, adică vârful ei vegetativ se desface în două părți la fel de groase și de lungi. Acest sistem bifurcat de ramificare se caracterizează prin absența ramurilor laterale. Cele două radicle se pot bifurca mai departe și de obicei unghiul format între ele este de 90° , ceea ce face să cuprindă mai mult sol și să exploreze o suprafață mai mare. Ramificarea dichotomică (dicotomică) a rădăcinii se întâlnește la Licopodinee (brădișor = *Lycopodium*, struțișor = *Selaginella*) și reprezintă un tip arhaic, relativ puțin răspândit în prezent (Fig. 14) (Todor, 1958; Morariu, 1965).

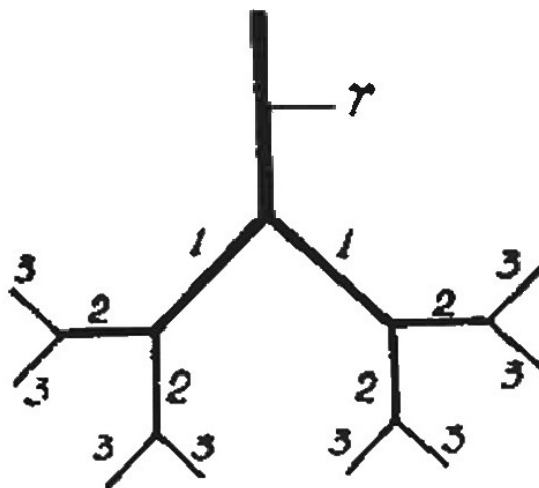


Fig. 14. Schema ramificării dichotomice a rădăcinii de *Lycopodium*; r – rădăcina principală; 1, 2, 3 – ramuri succesive (Todor, 1958)

D. Forme de rădăcini – sisteme de înrădăcinare

Modul de ramificare a rădăcinii, pe lângă însușirile caracteristice speciei, este foarte mult influențat în principal de structura și umezeala solului, dar și de alți factori ecologici, de competiția cu sistemele radiculare ale altor specii de plante.

Variabilitatea morfologică a rădăcinii, altfel destul de mare, poate fi redusă la 3 tipuri principale, după raportul de dezvoltare dintre rădăcina principală și radiclele, care variază mult de la o specie la alta, ceea ce dă naștere la diverse forme de rădăcini (la arbori, ansamblul lor formează sisteme de înrădăcinare).

1. Rădăcini pivotante. Rădăcina principală are forma unui țărș sau pivot, întrecând în dezvoltare cu mult pe cele secundare (Fig. 15a). Această rădăcină pătrunde la adâncimi mari prin diferite orizonturi de sol, pentru a atinge umiditatea necesară și pentru a putea absorbi apa cu sărurile minerale dizolvate în ea. Rădăcini

pivotante se întâlnesc frecvent la plante din familia leguminoase (fabacee) (ghizdei, lucernă, trifoi, sulfină ș.a.), umbelifere (apiacee) (morcov, păstâmac) etc.

2. Rădăcini fasciculate sau fibroase (firoase). Sunt rădăcini adventive, ca origine, caracteristice monocotiledonatelor. Ele sunt asemănătoare ca lungime și grosime și alcătuiesc un mănunchi (Fig. 15b) (= „rădăcini fasciculate”). Fiecare rădăcină are forma unei fibre lungi de zeci de centimetri, obișnuit subțire, la început de consistență moale (= „firoase”), dar care la maturitate se lignifică (= „fibroase”).

Rădăcinile adventive întrec pe cele embrionare, care, de cele mai multe ori, dispar. Rădăcinile fasciculate se pot observa ușor la graminee (poacee), după ce în prealabil s-au spălat de sol (Todor, 1958; Morariu, 1965).

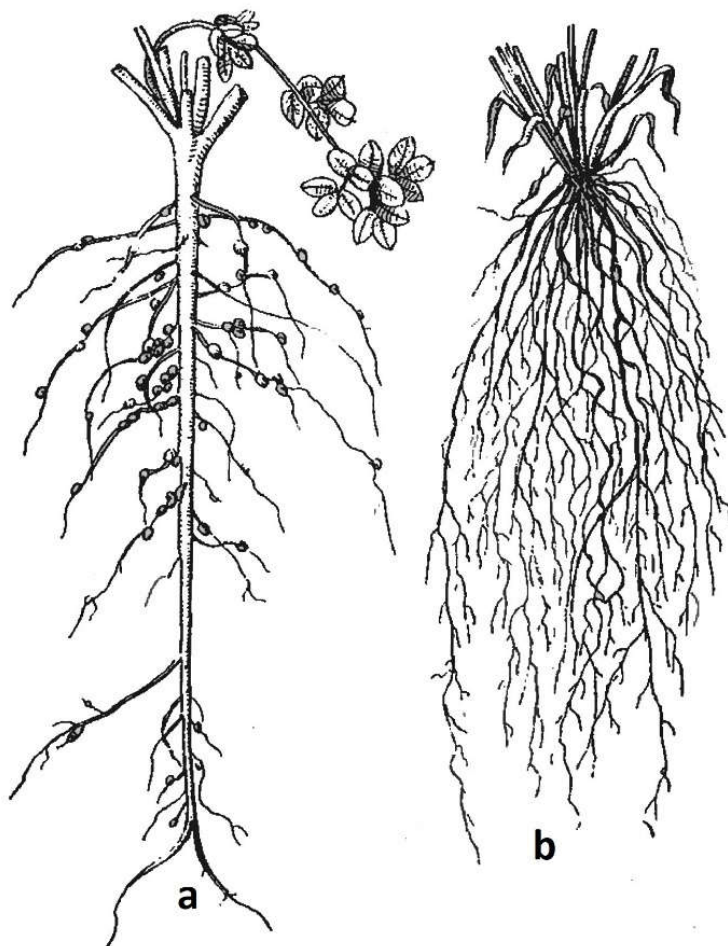


Fig. 15. Rădăcină pivotantă la ghizdei: a – *Lotus corniculatus* – a se observa și nodozitățile de pe rădăcini; b – rădăcină fasciculată la golomăț (*Dactylis glomerata*) (Todor, 1958)

3. Rădăcini rămuroase. Acest tip de rădăcină se întâlnește la arbori și la pomii fructiferi. În acest caz, ramificațiile de ordinul I ajung la aceeași grosime cu rădăcina principală, sau chiar o întrec (Fig. 16).

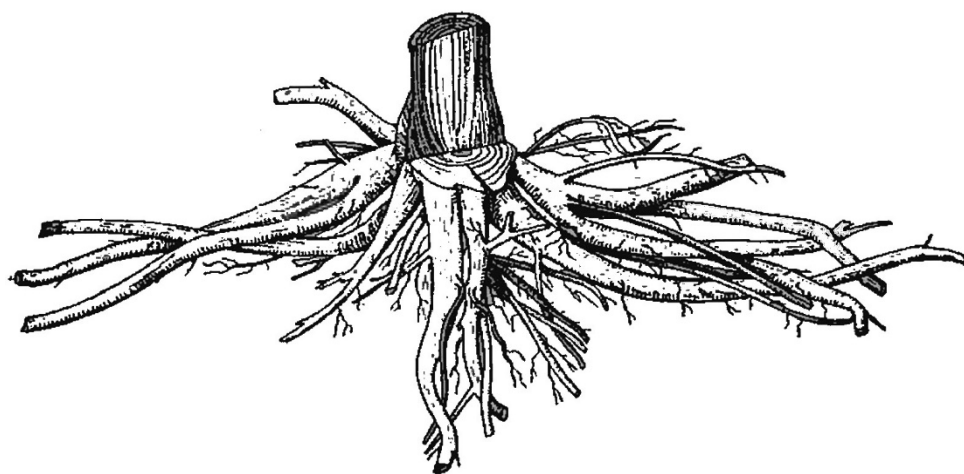


Fig. 16. Rădăcină rămuroasă la măr (*Malus pumila*) (Todor, 1958)

Aceasta este o clasificare simplificată, didactică, a tipurilor morfologice de rădăcini; în realitate, lucrurile sunt mult mai complicate, existând mai multe sisteme de clasificare a sistemelor radiculare (Fig. 17, doar un exemplu); unele dintre acestea sunt particularizate pentru diferite grupe ecologice de plante (Fig. 18) – cum vom vedea –, ceea ce reflectă, firește complexitatea inter-relațiilor ecologice care se stabilesc între rădăcini și diverși factori de mediu (sol, apă, aer).

E. Clasificarea rădăcinilor după mediul în care se dezvoltă

După mediul în care cresc, rădăcinile se pot clasifica în: subterane (subpământene), aeriene și acvatic.

Cele mai multe plante au rădăcini subterane, care prezintă formele descrise mai sus (cazul tipic, discutat cel mai des la rădăcini), sau iau alte forme (morfologie diferită), ca o consecință a adaptării lor la diferite funcții, corespunzând și unor contexte ecologice particulare. Acestea se numesc rădăcini metamorfozate. Metamorfoze se întâlnesc atât la rădăcinile subterane, cât și la cele aeriene (Todor, 1958; Morariu, 1965).

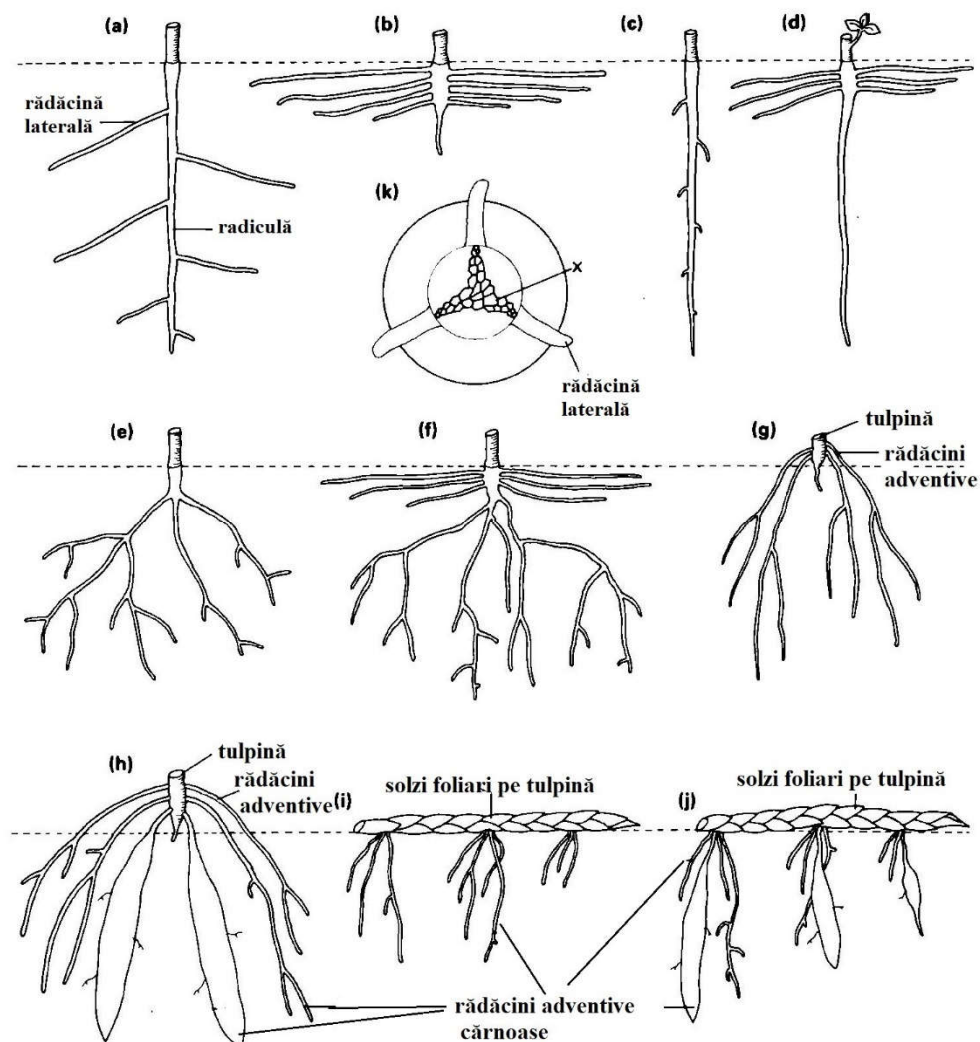


Fig. 17. Tipuri de sisteme radiculare: a-f: variații ale sistemelor radiculare primare (rădăcini laterale care se dezvoltă pe radiculă); g-j: tipuri de sisteme radiculare adventive. Rădăcini care se dezvoltă pe tulpina verticală (g, h) sau orizontală (i, j); k: secțiune printr-o rădăcină de tip triarh (x – xilem) (adaptare după Cannon, 1949)

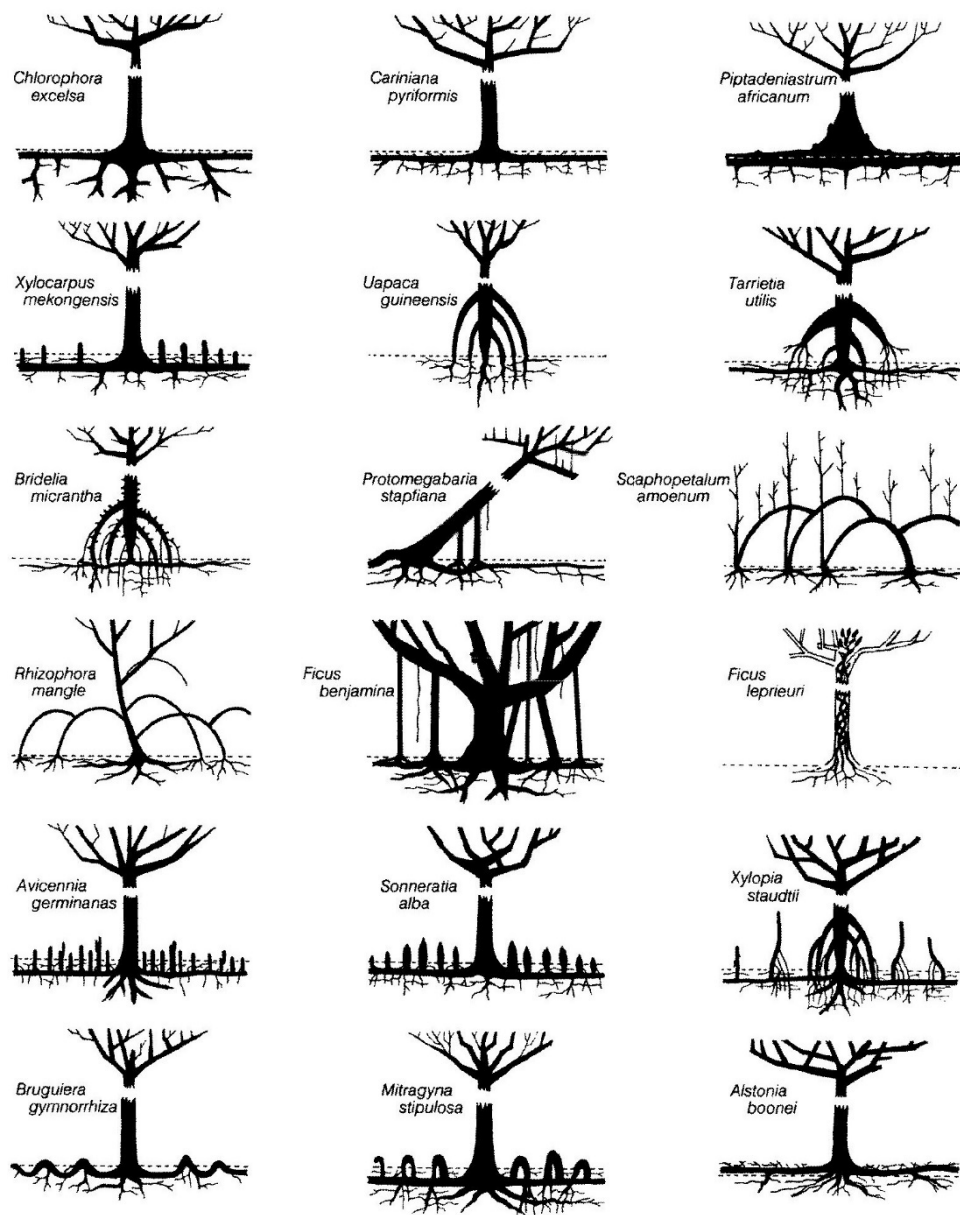


Fig. 18. Sisteme radiculare la arbori tropicali (adaptat după Jenik, 1978)

F. Rădăcini metamorfozate subterane (subpământene)

a) Rădăcini tuberizate

Astfel de rădăcini se întâlnesc la unele plante (bianuale) cum sunt pătrunjelul (*Petroselinum hortense* – Fig. 19b), morcovul (*Daucus carota* – Fig. 21A), sfecla (*Beta vulgaris* – Fig. 19a; 20) ș. a. Ele alcătuiesc grupa plantelor rădăcinoase. În țesuturile acestor rădăcini se depozitează diferite substanțe de rezervă, cum sunt: amidonul, zahărul, inulina. Forma acestor rădăcini este diferită: cilindrică, aproape sferică, sau de forma unui pivot îngroșat. La sfeclă (Fig. 20) se deosebesc următoarele părți: capul, gâtul și rădăcina propriu-zisă. Capul (epicotilul) reprezintă partea superioară, porțiunea de deasupra nivelului solului, pe care se găsesc mugurii și rozeta de frunze. Provine din epicotil (partea de tulpină dintre inserția cotiledoanelor și prima pereche de frunze propriu-zise, normale). Gâtul este scurt și reprezintă axa hipocotilă, partea de tulpină cuprinsă între colet și inserția cotiledoanelor. Cea mai mare parte a rădăcinii provine din tuberizarea rădăcinii principale, care devine cămoasă. Rădăcina de sfeclă are, de o parte și de alta, câte un rând de rădăcini secundare.

La unele plante se tuberizează rădăcinile secundare, astfel la planta ornamentală numită gherghină (*Dahlia variabilis* – Fig. 19d). Tuberizarea se poate produce și la rădăcinile adventive, de exemplu, la grăușor (*Ficaria verna* – Fig. 19c) (Todor, 1958; Morariu, 1965).

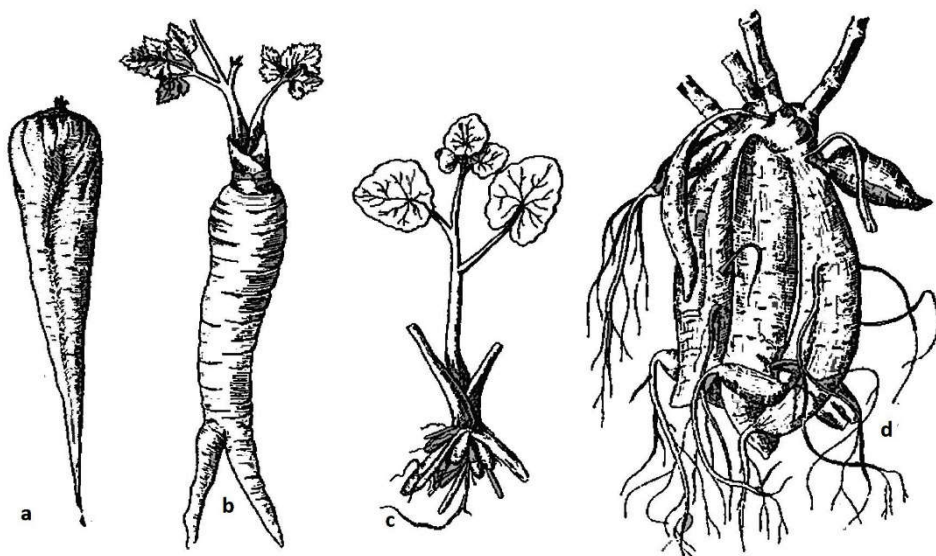


Fig. 19. Rădăcini tuberizate: a – sfeclă (*Beta vulgaris*); b – pătrunjelul (*Petroselinum hortense*); c – grăușor (*Ficaria verna*); d – gherghină (*Dahlia variabilis*) (Todor, 1958)

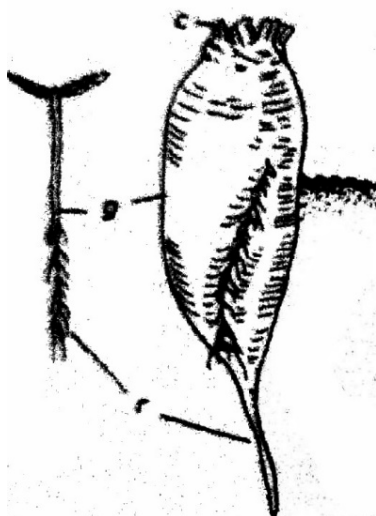


Fig. 20. Rădăcină tuberizată la sfeclă (*Beta vulgaris*); c – cap (epicotil); g – gât (hipocotil); r – rădăcină propriu-zisă (Șerbănescu-Jitariu și Toma, 1980)

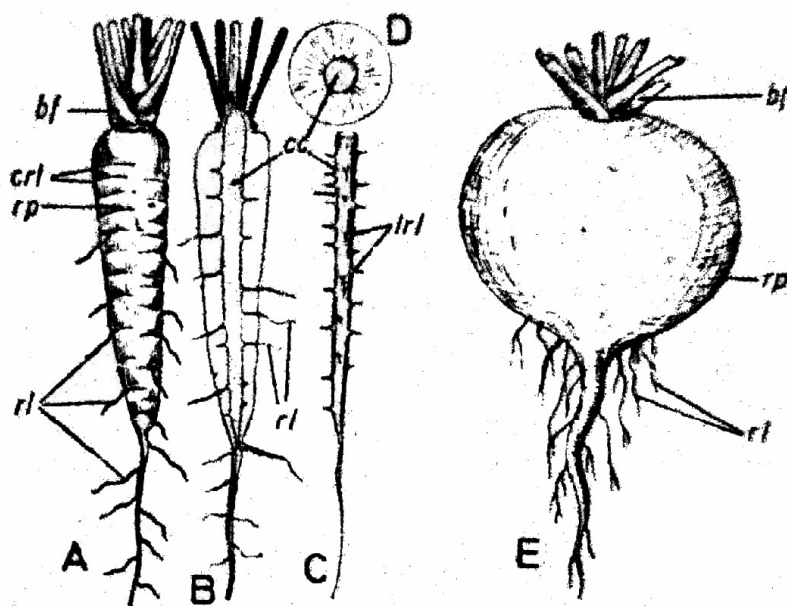


Fig. 21. Rădăcini tuberizate de morcov (*Daucus carota*) (A–D) și ridiche (*Raphanus sativus*) (E); bf – baza frunzelor; cc – cilindrul central; crl – cicatricele rădăcinilor laterale; lrl – locul rădăcinilor laterale; rl – rădăcini laterale; rp – rădăcina principală (Șerbănescu-Jitariu și Toma, 1980)

Așadar, expansiunea laterală a rădăcinii, prin diviziunea și mărirea volumului celular, dă naștere la multe specii la o rădăcină umflată sau tuberizată (Fig. 22, 23) (structuri subterane similare se pot forma și din tulpini umflate). Adesea, doar o parte din rădăcinile unei plante vor forma structuri tuberizate, care variază considerabil la diferite plante, ca mărime și formă. La unele orhidee, doar o rădăcină adventivă se umflă (tuberizează) în fiecare sezon de creștere, oferind material de depozitare pentru creștere după perioada de repaus. O dezvoltare similară are loc la *Ranunculus ficaria*. Aici, se formează rădăcini adventive izolate la baza mugurilor de pe tulpina aeriană. Rădăcina se umflă pentru a produce un „tubercul” detașabil care include și meristemul apical al mugurilor (în engleză, *tubercule* – a nu se confunda însă cu *tubercul* din limba rămână, care este o tulpină subterană metamorfozată).

„Tuberculi” similari se dezvoltă din muguri adventivi de la baza tulpinii. În fiecare caz, mugurii adventivi suplimentari se pot dezvolta pe un „tubercul”. Astfel, se produc organe care sunt compuse din țesut derivat atât din rădăcină, cât și din lăstari. Spre deosebire de o tulpină tuberizată, o rădăcină tuberizată va avea un vârf de rădăcină, cel puțin când este foarte tânăr, și poate purta rădăcini laterale, dar nu va avea o secvență obișnuită de frunze solzoase care să susțină mugurii, deși pot exista unul sau mai mulți muguri prezenți la capătul său proximal. Acești muguri pot fi derivați din tulpina la care rădăcina adventivă este atașată sau reprezintă muguri adventivi proveniți din rădăcina însăși. Rădăcina principală a unei plante se poate umfla pentru a produce o rădăcină principală tuberizată, de obicei însoțită de o umflare a bazei hipocotilului.

Pe unii arbori și arbuști se pot forma umflături lemnoase mari ce pot fi parțial de origine radiculară. Astfel de structuri lemnoase sunt denumite „lignotuberculi” (*lignotubers*, eng., organe tuberizate lignificate) sau „xilopodii”. Despre tulpini tuberizate se va discuta la capitolul dedicat tulpinii, în cadrul tulpinilor subterane (metamorfozate); reținem deocamdată ideea că acești „lignotuberculi” pot fi asociați atât cu rădăcina, cât și cu tulpina, având importanță ecologică la pirofite (plante ce pot supraviețui incendiilor sau care se pot regenera după acestea).

Un caz interesant îl oferă specia *Myrmecodia echinata*, ale cărei rădăcini tuberizate sunt compartimentate și găzduiesc furnici (Fig. 24); unii autori consideră acest organ tuberizat ca fiind, de fapt, o tulpină (*caudex*) succulentă. Genul *Myrmecodia* aparține unui grup de plante numite mirmecofile. Acest grup este caracterizat de relații simbiotice și mutualiste cu furnicile, relații care au evoluat de-a lungul a milioane de ani. Furnicile sunt componente cheie ale multor ecosisteme, inclusiv în pădurile tropicale; de la baza pădurii până la frunzișul arborilor, nenumărate specii de furnici îndeplinesc roluri precum polenizarea, răspândirea semințelor, protecția și reciclarea deșeurilor organice.

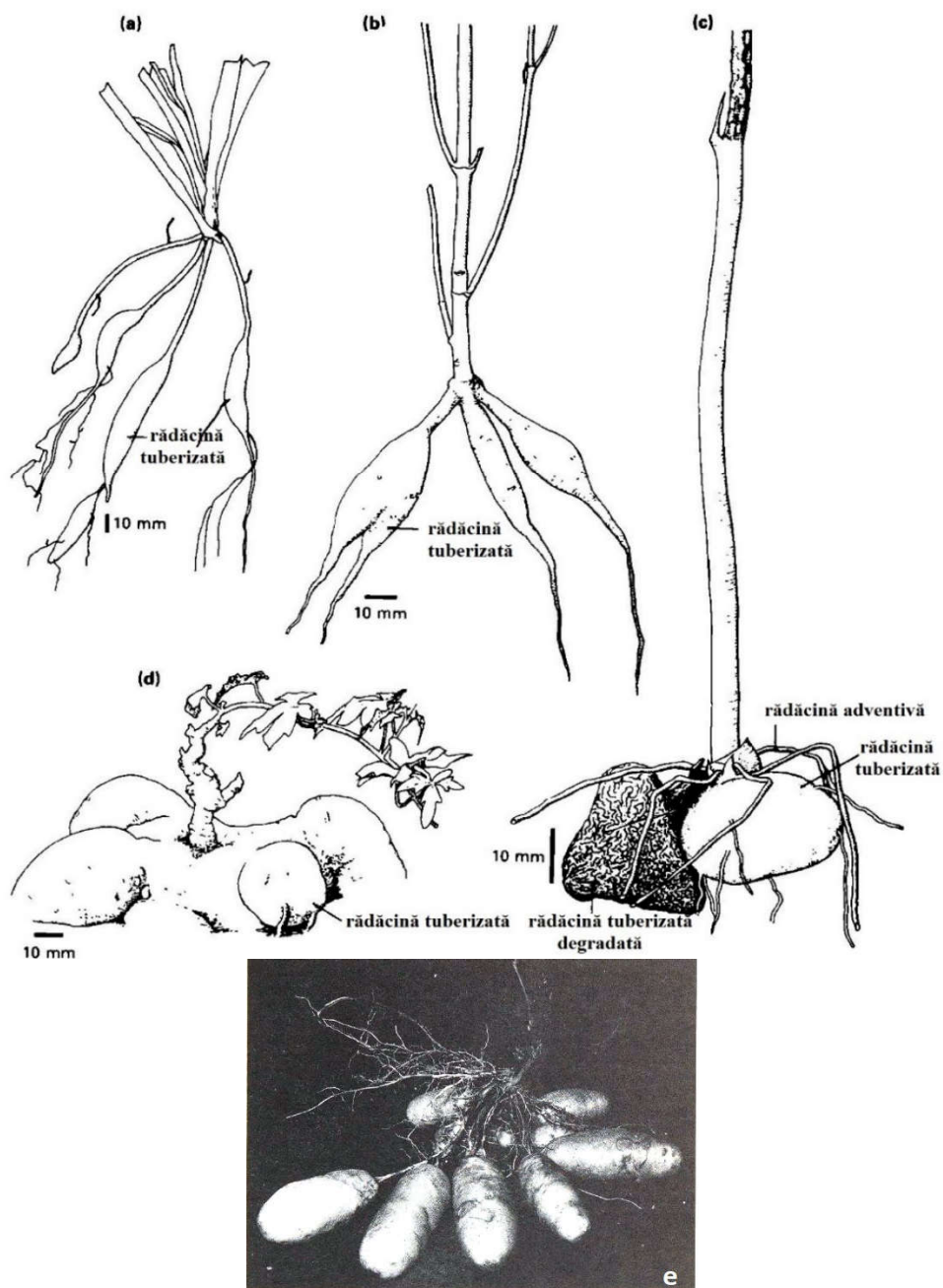


Fig. 22. Rădăcini tuberizate cu rol de depozitare: a – *Chlorophytum comosum*; b – *Dahlia* sp.; c – *Dioscorea* sp.; d – *Kedrostis africana*; e – *Dioscorea esculenta* (Onwueme, 1978; Bell, 1991)

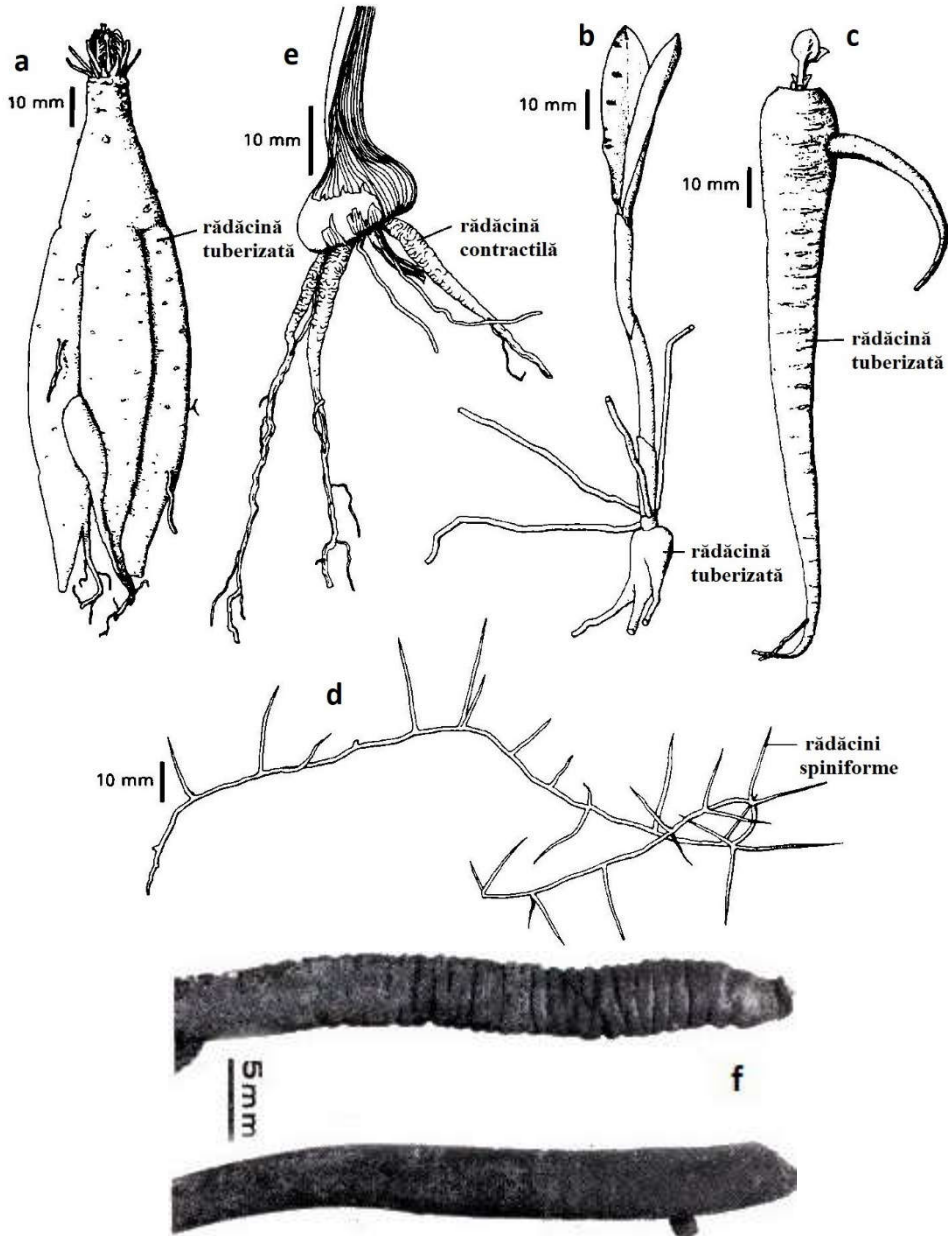


Fig. 23. a – *Incarvillea delavayi*, rădăcini tuberizate subterane; b – *Dactylorhiza fuchsii*, rădăcină tuberizată la baza tulpinii; c – *Mirabilis jalapa*, rădăcină tuberizată subterană; d – *Dioscorea prehensilis*, rădăcini spiniforme ramificate; e – rădăcini contractile: *Crocosmia x crocosmiiflora*; f – *Botrychium multifidum* – sus: rădăcină matură contractată; jos – rădăcină tânără necontractată (Stevenson, 1975; Bell, 1991)



Fig. 24. *Myrmecodia echinata*, rădăcină tuberizată (Bell, 1991)

b) Rădăcinile contractile

Sunt rădăcinile care au însușirea de a se scurta prin contractare (Fig. 23e,f). Astfel de rădăcini se dezvoltă pe rizomi (stânjenel – *Iris*) și bulbi, brândușa de toamnă (*Colchicum autumnale*), crin (*Lilium* – Fig. 25). Rolul lor este de a trage bulbii, rizomii, în straturi mai adânci ale solului, cu umiditate crescută. Rădăcinile

contractile, care se dezvoltă alături de cele cu funcții normale, sunt mai groase și sunt lipsite de sclerenchim, putându-se scurta până la 40% din lungimea lor.

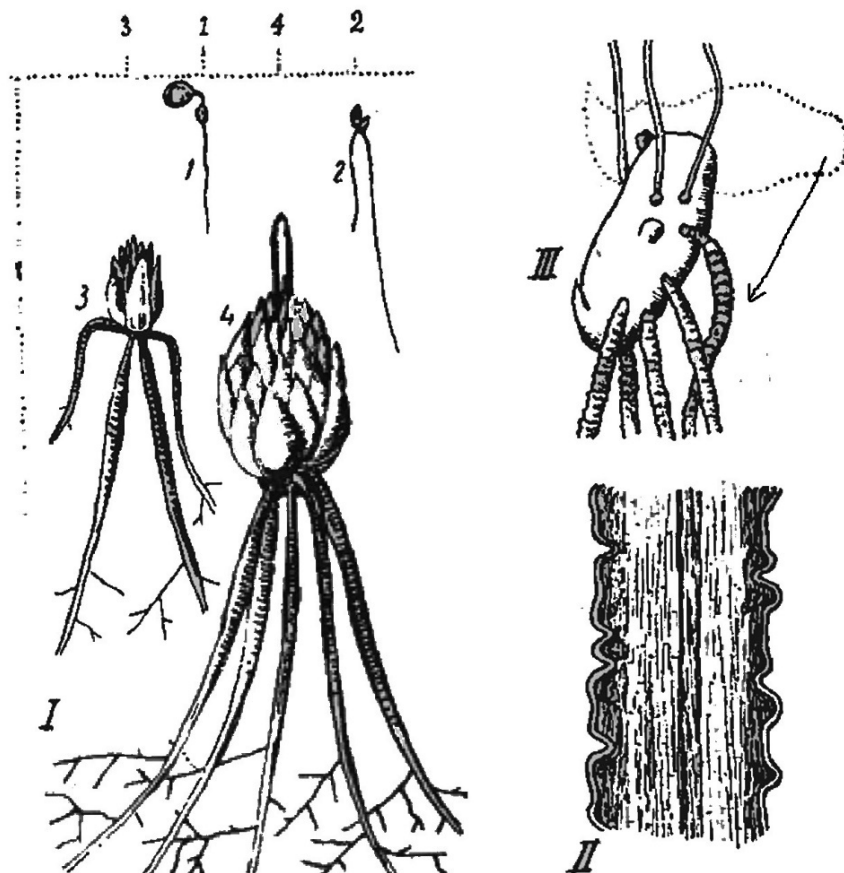


Fig. 25. I – Rădăcini contractile la crinul de pădure (*Lilium martagon*). Linia punctată indică suprafața solului; 1 și 2: germinarea seminței; 3: bulbul tânăr, rădăcinile tinere s-au contractat, determinând îndoirea celorlalte și trăgând bulbul mai în profunzime; 4: adâncirea normală a bulbului; II – Rădăcină contractilă de crin (*Lilium*) secționată în lung; III – Bulbo-tuberculul brândușei de toamnă (*Colchicum autumnale*); linia punctată indică locul vechi al bulbo-tuberculului, iar linia continuă arată locul bulbo-tuberculului după adâncire (Todor, 1958)

G. Rădăcini aeriene metamorfozate

Se consideră ca aeriene, toate rădăcinile care se dezvoltă deasupra solului. Ele sunt mai adesea adventive și de multe ori au asemănarea tulpinilor, de care se

deosebesc însă ușor, prin structura lor anatomică. Rădăcinile aeriene pot îndeplini mai multe funcții:

a) Rădăcini care absorb (și depozitează) vapori de apă atmosferici. Rădăcinile multor orhidee (de exemplu, genul *Stanhopea* – Fig. 26) din regiunile tropicale care trăiesc pe „scoarța” arborilor (epifite), sunt de forma unor fire subțiri și de culoare alburie. Aceste rădăcini au stratul exterior modificat, servind la absorbția și înmagazinarea apei.

b) Rădăcini asimilatoare (fotosintetice). Se întâlnesc tot la unele orhidee tropicale epifite, cum este *Taeniophyllum zollingeri* (Fig. 27), o orhidee lipsită de frunze, formată aproape exclusiv din rădăcini aeriene de culoare verde. Aceste rădăcini sunt foliacee, conțin pigmenți de clorofilă, îndeplinind funcția de fotosinteză. Tulpina este scurtă, complet lipsită de frunze. Rădăcinile asimilatoare alcătuiesc o excepție, de rădăcină cu clorofilă (Todor, 1958; Morariu, 1965).



Fig. 26. Rădăcini aeriene (r a) la orhideea epifită *Stanhopea martiana* (Lindley, 1843)

c) Rădăcini respiratoare (pneumatofori). Sunt rădăcini întâlnite la unele specii de mangrove (Grigore și Toma, 2020; Ivănescu *et al.*, 2020) (Fig. 28-32) și la plante de apă sau de locuri mlăștinoase nesărate; în România, se pot vedea astfel de rădăcini la chiparosul de baltă (*Taxodium distichum*), plantat în parcuri la marginea lacurilor din București (Mogoșoaia, Băneasa, Grădina Botanică etc.). De pe rădăcinile normale aflate în solul mlăștinos, se dezvoltă rădăcini ce cresc la suprafața solului (geotropism negativ). În structura acestor rădăcini se dezvoltă un țesut aerifer (aerenchim), care permite afluxul de oxigen la rădăcinile aflate în solul mlăștinos și lipsite aproape complet de aer. Aceste rădăcini respiratoare se mai numesc *pneumatofori*. Pe suprafața acestora se găsesc lenticile numite *pneumatode*, care permit schimbul de gaze cu mediul extern (Todor, 1958; Morariu, 1965).

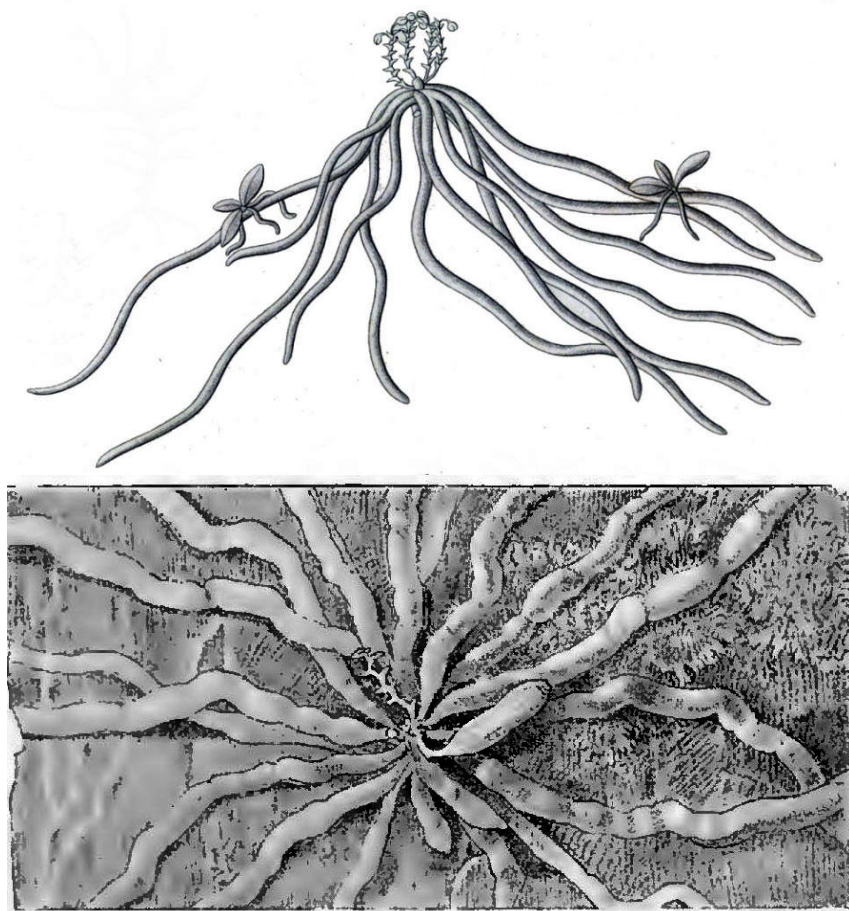


Fig. 27. Rădăcini asimilatoare (fotosintetice) la orhideea *Taeniophyllum zollingeri* (Reichenbach, 1858; Schimper, 1903)



Fig. 28. Rădăcini respiratoare (r r) (pneumatofori) la specia de mangrove *Avicennia nitida* (Børgesen și Paulsen, 1900)



Fig. 29. Rădăcini respiratoare (pneumatofori) la specia de mangrove *Avicennia* sp. – Grădina Botanică din Padova, Italia (original)

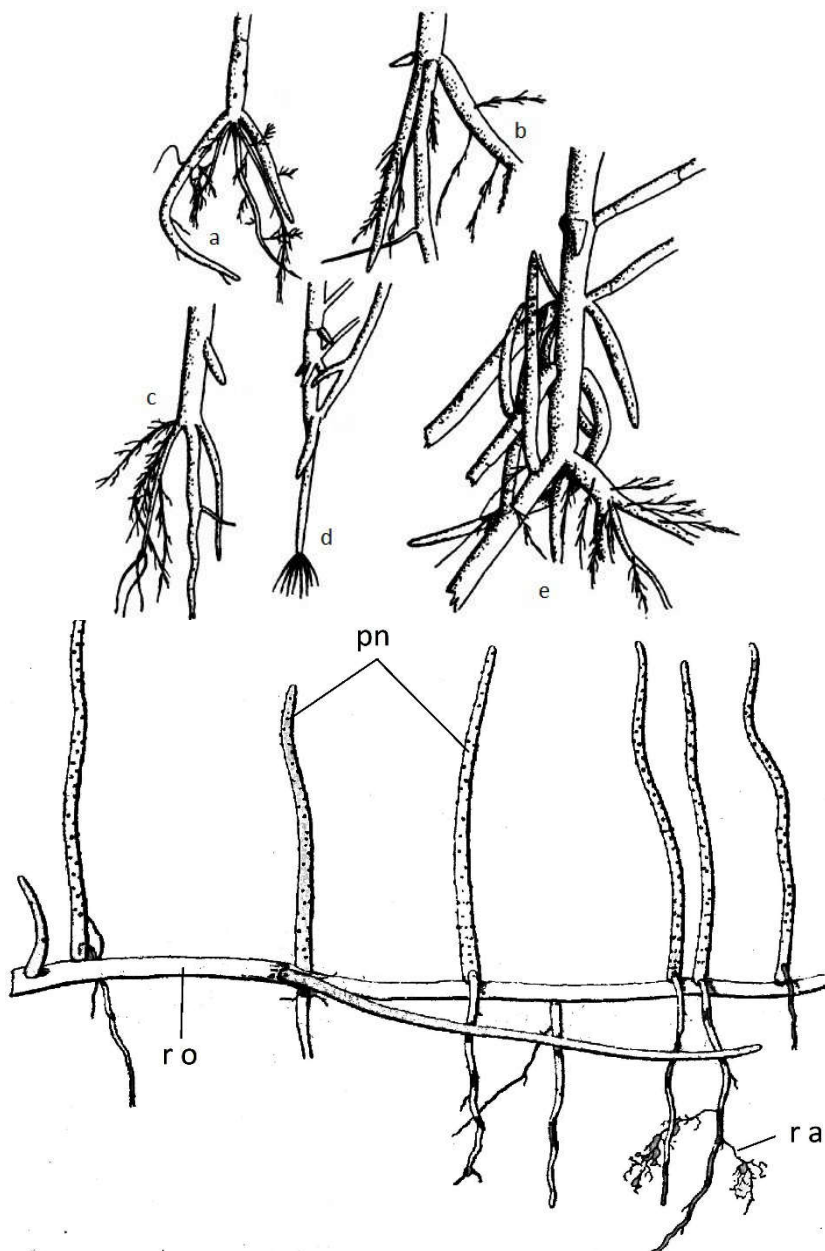


Fig. 30. Rădăcini respiratoare (pn, pneumatofori) la specia de mangrove *Avicennia nitida*; sus – dezvoltarea sistemului radicular; a – rădăcini fibroase și „cărnoase”; b – rădăcini laterale care se dezvoltă în jos (gradul I); c – gradul II; d – gradul III; e – stadiu cu originea pneumatoforilor din rădăcinile orizontale; jos – pneumatoforii și rădăcinile absorbante (r a) se formează de pe rădăcina orizontală (r o) (Chapman, 1944; Børgesen și Paulsen, 1900)

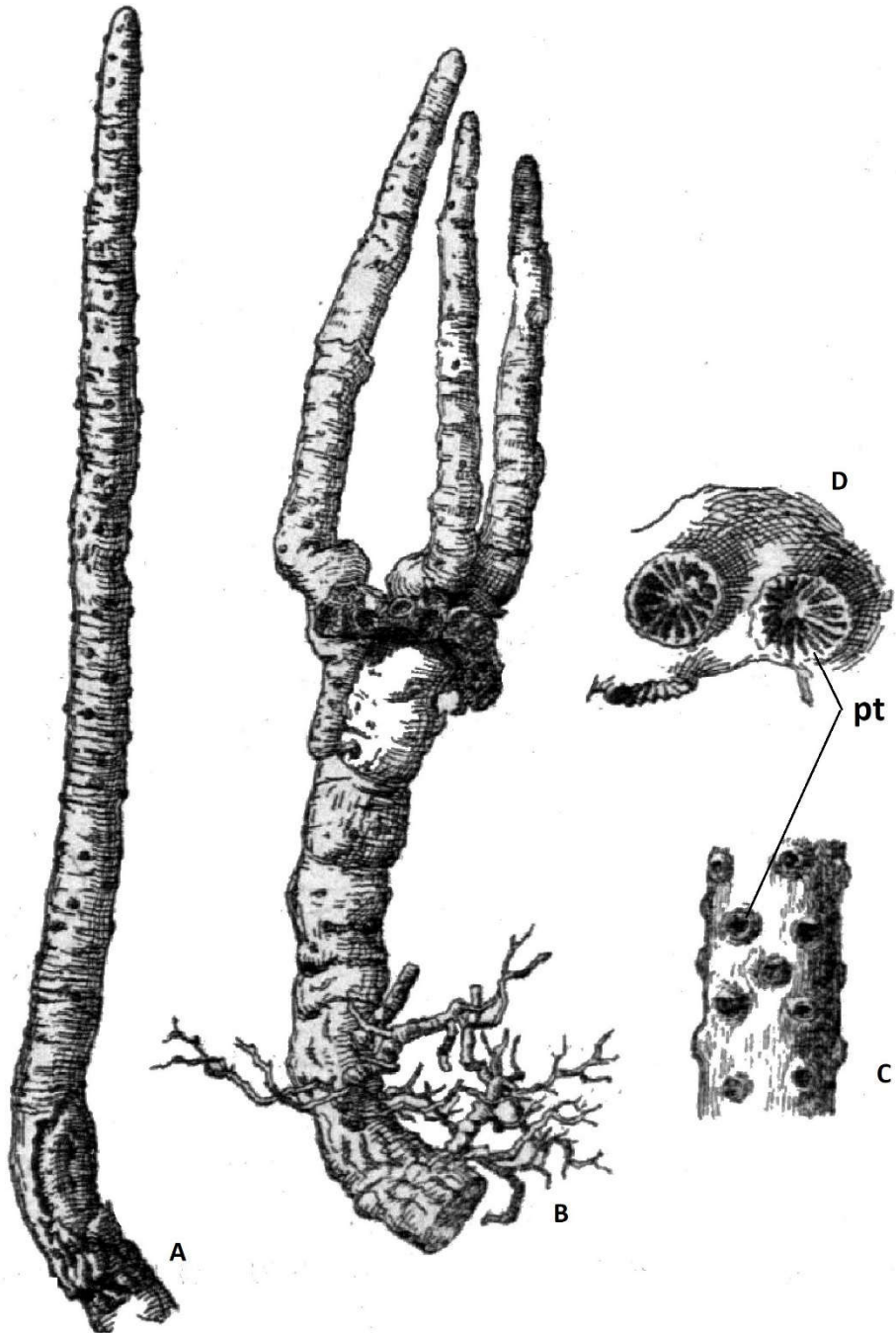


Fig. 31. Rădăcini respiratoare neramificate (A) și ramificate (B) la specia de mangrove *Avicennia nitida*; C, D – se observă pneumatodele (pt) (Børgesen și Paulsen, 1900)

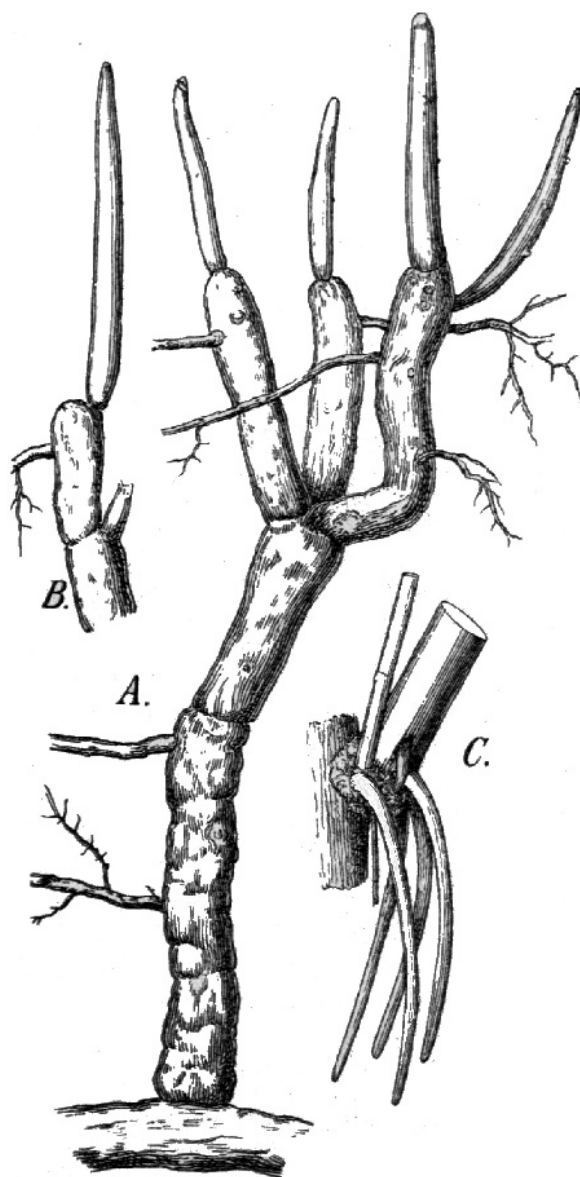


Fig. 32. Rădăcini respiratoare la specia de mangrove *Laguncularia racemosa* (A, B – cu geotropism negativ; C – cu geotropism pozitiv) (Børgesen și Paulsen, 1900)

d) Rădăcini fixatoare. Astfel de rădăcini adventive se dezvoltă la numeroase plante agățătoare lemnoase (Fig. 33-37), multe din ele numite *liane*. La iederă (*Hedera helix*), liană ce crește adesea prin pădurile noastre, tulpinile care se întind pe pământ formează rădăcini ramificate, care îndeplinesc rolul de absorbție și

fixare. Pe ramurile care încep să se urce pe diferite suporturi, se dezvoltă, la noduri, rădăcini scurte, aproape cilindrice, neramificate, cu rol numai de fixare (Fig. 33) (Todor, 1958; Morariu, 1965).

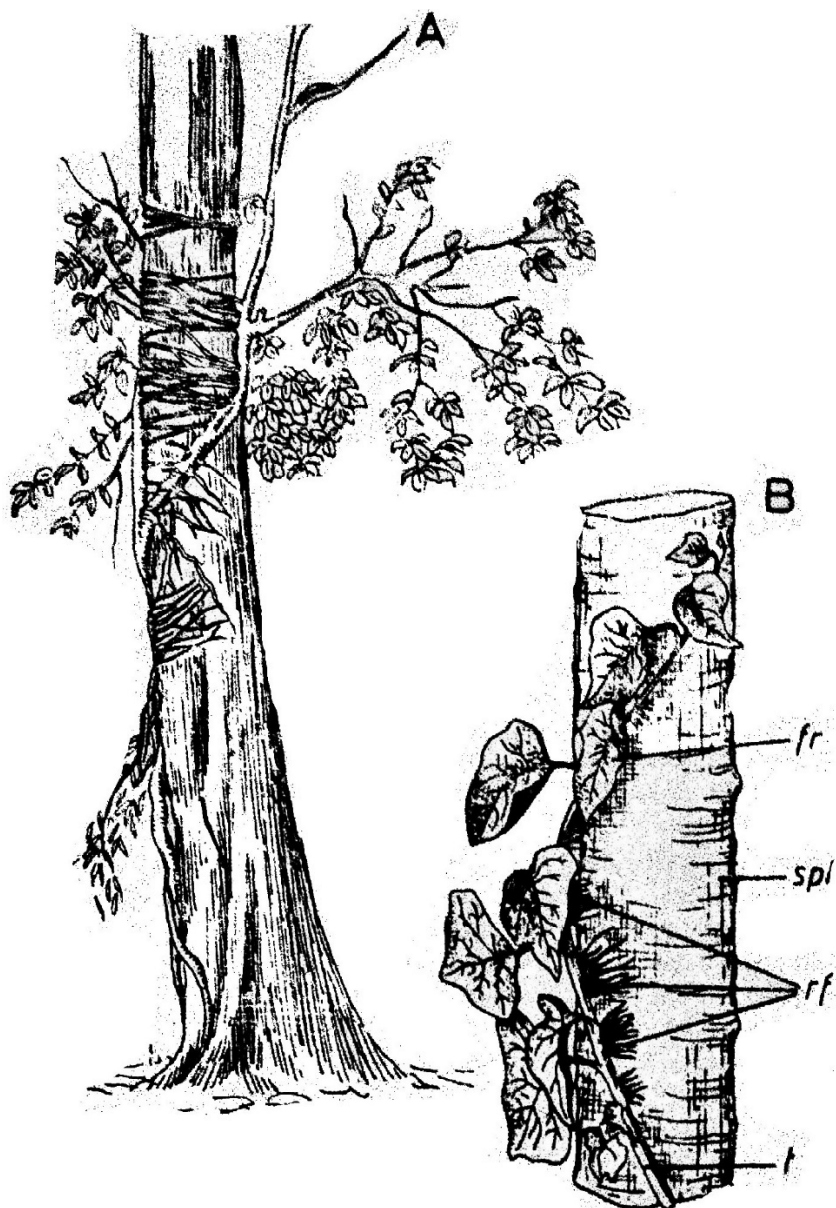


Fig. 33. Rădăcini aeriene fixatoare; A – *Ficus* sp.; B – *Hedera helix*; fr – frunză; rf – rădăcină fixatoare; spt – suport; t – tulpină (Șerbănescu-Jitariu și Toma, 1980)

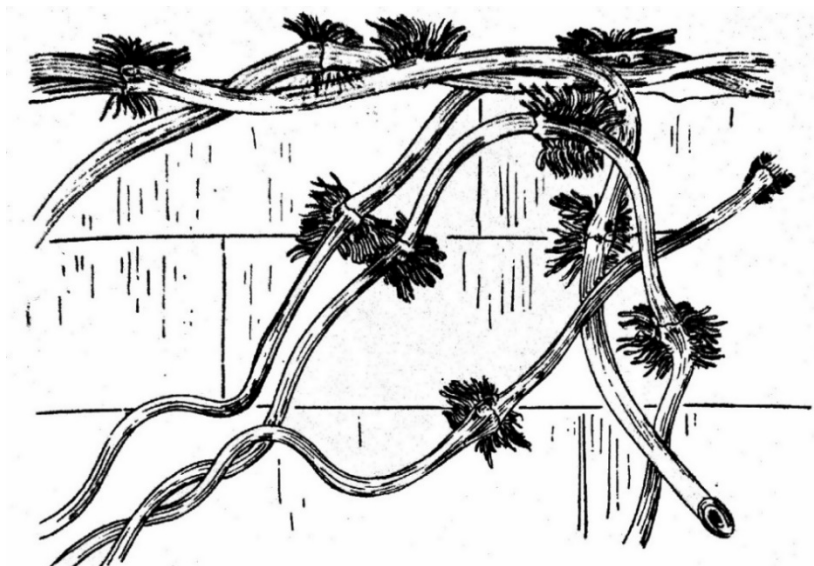


Fig. 34. Rădăcini aeriene fixatoare la *Campsis (Tecoma) radicans* (Șerbănescu-Jitariu și Toma, 1980)

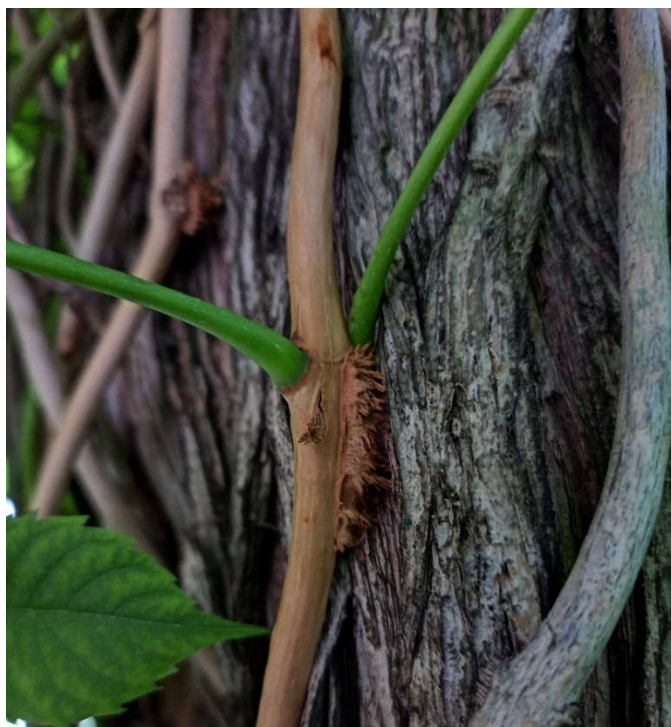


Fig. 35. Rădăcini aeriene fixatoare la *Campsis (Tecoma) radicans* (original)

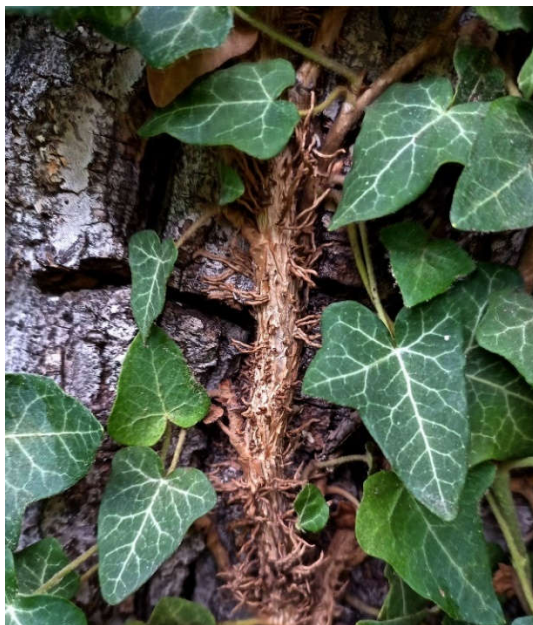


Fig. 36. Rădăcini aeriene fixatoare la iederă – *Hedera helix* (original)



Fig. 37. Rădăcini aeriene fixatoare (în formă de ventuze – săgețile de culoare neagră) la *Parthenocissus cuspidata* (original)

e) Rădăcini proptitoare (Fig. 38). Rădăcinile proptitoare sunt rădăcini adventive care se dezvoltă pe trunchiul sau ramurile unui arbore sau pe tulpina unei plante ierboase ce crește vertical. Sunt des întâlnite la plante din regiunile tropicale (Fig. 39).

La unele plante de mangrove, unde acțiunea valurilor este foarte puternică, se dezvoltă astfel de rădăcini speciale cu rol de susținere, care oferă rezistență mecanică și stabilizează plantele (specii lemnoase) în solul mlăștinos sărat (*Rhizophora mangle* – atenție și la etimologia genului: *rhizos*, gr. – rădăcină; *foreo*, gr. – a purta, purtător de) (Fig. 40; 41).

Rădăcini proptitoare se mai întâlnesc, așa cum am văzut deja, la o plantă de apartament comună, filodendron (*Monstera deliciosa* – Fig. 11).

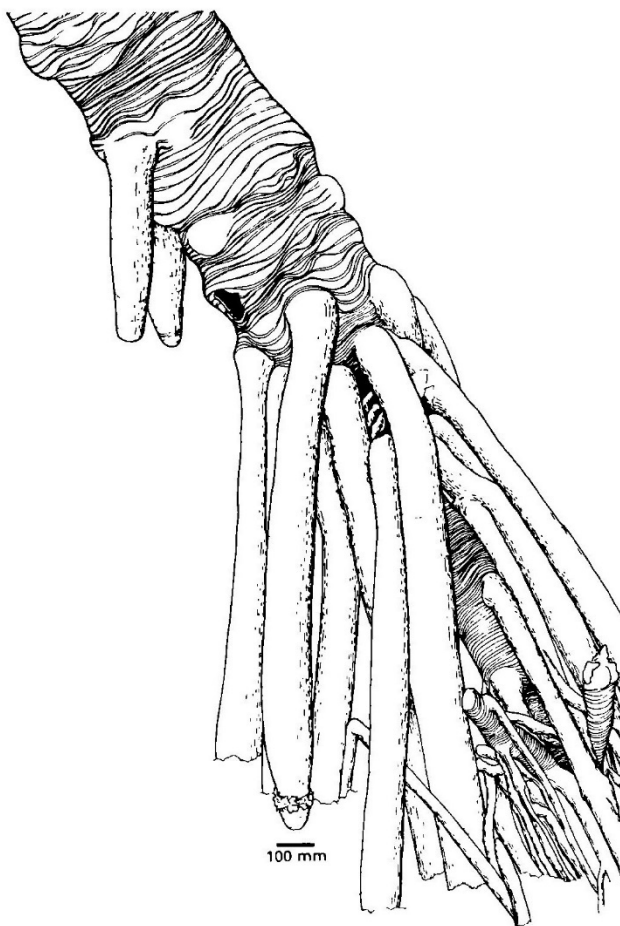


Fig. 38. *Pandanus nobilis*. Baza trunchiului – producerea de rădăcini proptitoare (Bell, 1991)



Fig. 39. *Ficus* sp.; a – Dezvoltarea masivă a rădăcinilor aeriene; b – rădăcini proptitoare columnare (Archibold, 1995)

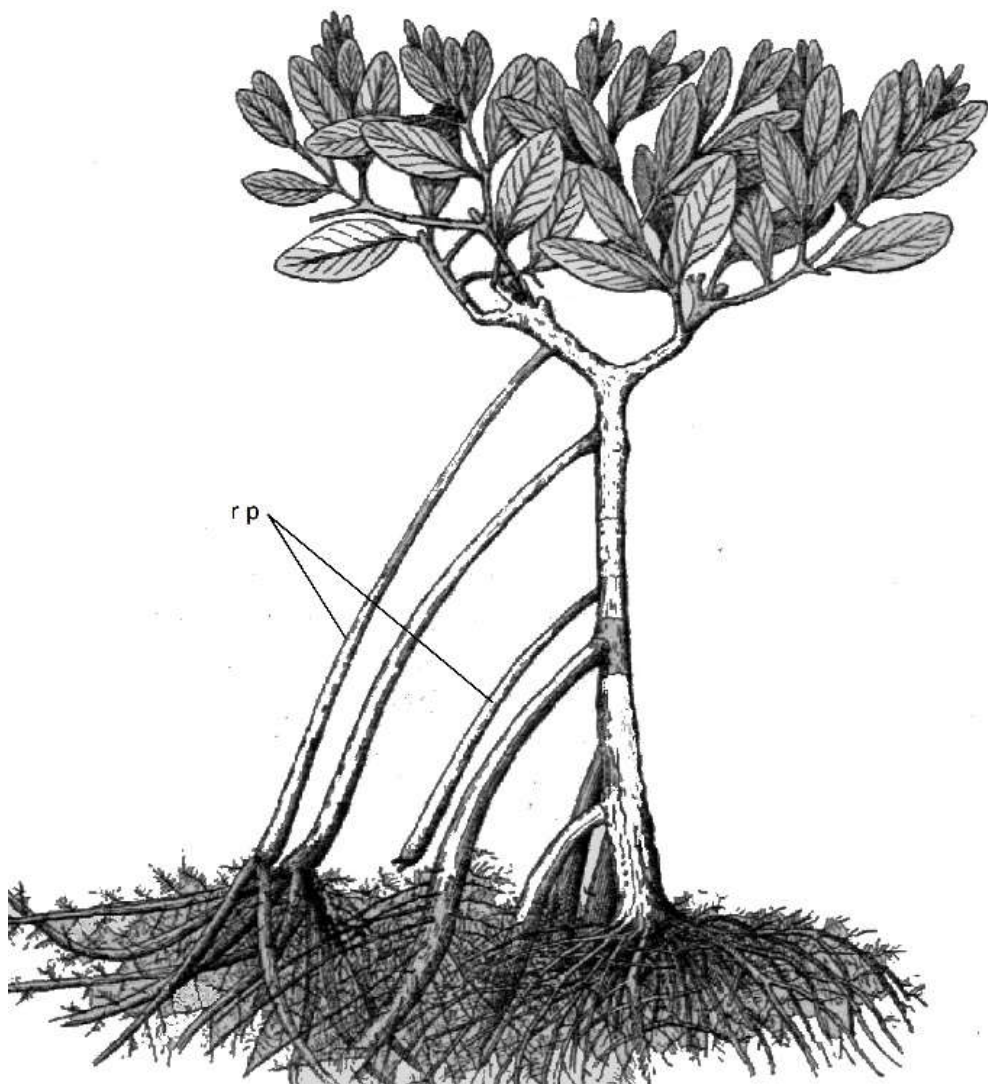


Fig. 40. Rădăcini proptitoare (r p) la specia de mangrove *Rhizophora mangle* (Børgesen și Paulsen, 1900)



Fig. 41. Rădăcini proptitoare la specia de mangrove *Rhizophora mangle* – Grădina Botanică din Padova, Italia (original)

f) Rădăcini haustoriale („false”). Sunt rădăcini adventive modificate, cu ajutorul cărora plantele parazite sau semiparazite extrag din planta gazdă hrana sintetizată de aceasta (Fig. 42-44). Astfel de plante parazite sunt: torșelul (*Cuscuta* – Fig. 42a), lupoaia (*Orobanch*e), clocoțișul (*Rhinanthus*), iar semiparazite, grâul prepeliței (*Melampyrum*) și vâscul (*Viscum album*) ș.a. Lupoaia parazitează multe plante agricole (floarea soarelui, tutunul, varza etc.). De la baza tulpinii, îngroșată uneori în formă de bulb, se formează haustori filiformi care se înfig în rădăcinile plantelor parazitare, extrăgând seva elaborată. La cuscută, ce parazitează trifoiul, lucerna, inul etc., haustorii se formează aerian, la locul de atingere a cuscutei cu planta parazitată. Haustorii de cuscută sunt scurți (Fig. 42b) și se dezvoltă numai după ce planta parazită intră în contact cu o plantă verde asimilatoare. În cazul speciilor de *Melampyrum*, plante semiparazite verzi, pe rădăcini apar mici umflături care aderă la rădăcinile plantelor parazitare. Legătura cu planta parazitată se face prin câteva traheide ce pornesc de la fasciculele lemnoase.

Un caz interesant de semiparazitism îl prezintă vâscul, care este o plantă lemnoasă. Se dezvoltă pe ramurile arborilor spontani sau pomi fructiferi, pe plop, fag, măr, păr etc. Semințele, duse de păsări, germinează pe ritidoma („scoarța”) arborilor. Se dezvoltă rădăcini haustoriale care pătrund în țesutul conducător al plantei parazitare (Fig. 42c) (Todor, 1958).



Fig. 42. a – Rădăcini haustoriale la planta torșel (*Cuscuta europaea*), fixate de tulpina unei plante gazdă în jurul căreia se răsucesce; b – haustori (h) măriți, care se fixează în țesutul gazdei; x – xilem; f – floem; s – sclerenchim; c – vâsc cu rădăcini haustoriale înfipite în țesutul conducător al plantei gazdă (Todor, 1958)

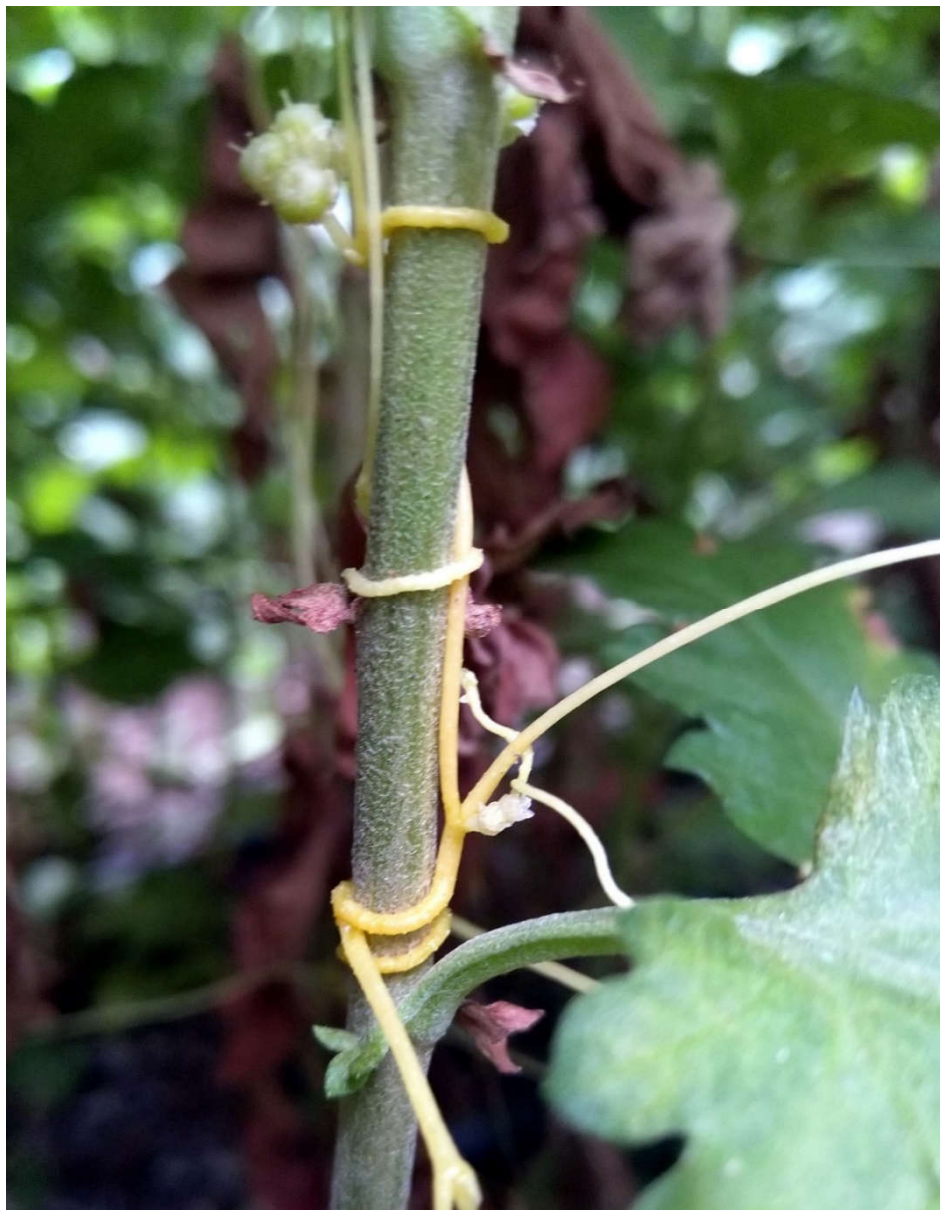


Fig. 43. *Cuscuta* sp. – Tulpină filiformă ce înconjură tulpina plantei gazdă; la locul de contact, se formează rădăcini haustoriale (original)

Trebuie subliniat că inter-relația plantă parazită/semiparazită–plantă gazdă este foarte complexă și implică numeroase mecanisme fiziologice și biochimice, dincolo de conexiunile morfologice și structurale care se stabilesc între acestea.

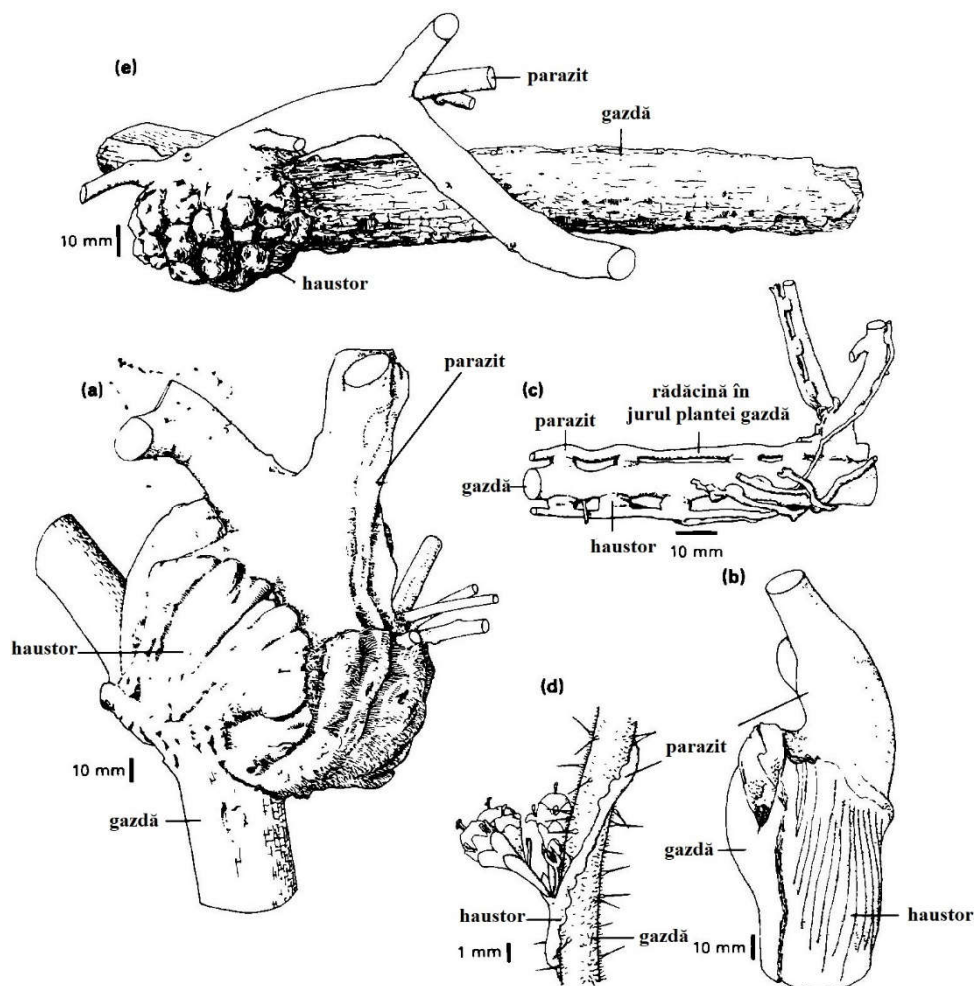


Fig. 44. Inter-relații plantă parazit-gazdă: a – *Tapinanthus oleifolius*; b – *Phoradendron perrottetii* (pe gazda *Protium insigne*); c – *Amylothea brittenii*; d – *Cuscuta* sp. (pe gazda *Urtica pilulifera*); e – *Lysiana exocarpi* (pe gazda *Hakea intermedia*) (Bell, 1991)

g. Nodozitățile de pe rădăcini

Pe rădăcinile plantelor din familia leguminoase (*Fabaceae*), cum sunt lucerna, trifoiul, fasolea, salcâmul etc., se formează niște umflături de forme și mărimi diferite, ce pot atinge mărimea unui bob de mazăre. Aceste umflături se numesc *nodozități* (Fig. 45, 46). Ele sunt provocate de anumite bacterii (în mod frecvent de *Rhizobium leguminosarum*) ce au pătruns din sol în interiorul rădăcinii, obișnuit prin perii absorbantți.

Pătrunse în celulele rădăcinii, bacteriile provoacă diviziunea celulelor scoarței și formarea unui parenchim, dezvoltându-se nodozități caracteristice. În celulele nodozităților se află bacteriile (sub formă de bacterioizi – Fig. 46c – în timpul eliberării din firele de infecție, bacteriile sunt închise într-o membrană produsă de plante care au însușirea de a fixa azotul atmosferic ce difuzează din sol în nodozități). Planta și bacteriile trăiesc într-un raport de ajutor reciproc numit *simbioză*. Raportul simbiotic constă în preluarea de către bacterie a substanțelor hidrocarbonate (glucidice) gata fabricate de plantă, bacteria cedând plantei partener azotul fixat. Așa se explică de ce plantele din familia leguminoase nu au nevoie, în general, de îngrășăminte azotate. În primele faze ale pătrunderii bacteriilor în rădăcină, între bacterii și plantă se stabilesc raporturi de parazitism (bacteria infectează planta gazdă).

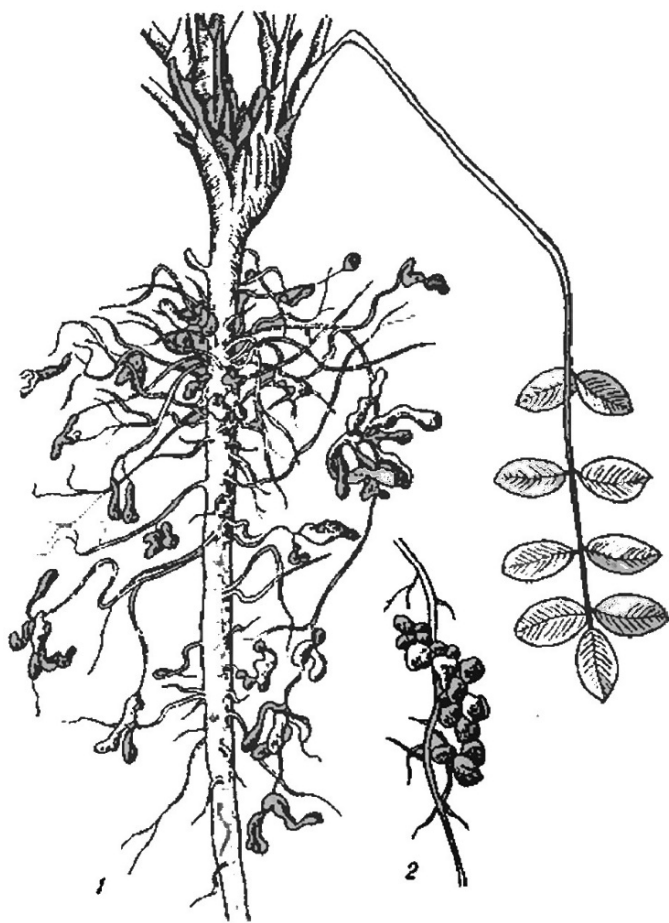


Fig. 45. Nodozități de pe rădăcinile de leguminoase: 1 – sparceță (*Onobrychis viciifolia*) și 2 – fasole (*Phaseolus vulgaris*) (Todor, 1958)

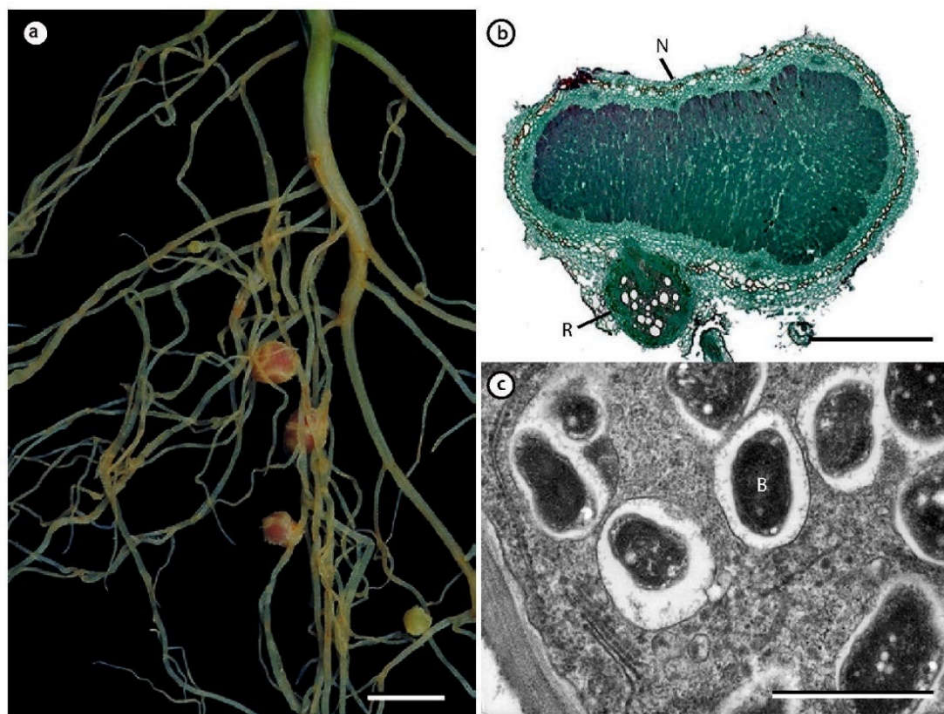


Fig. 46. Nodozități radiculare; a – la salcâm (*Robinia pseudoacacia*); b – la soia (*Glycine max*), vedere microscopică (N – nodul; R – rădăcină); c – bacteroid (B) (Crang *et al.*, 2018)

Azotul este unul dintre cele mai importante elemente pentru viață, deoarece este o componentă a acizilor nucleici, proteinelor, aminelor și unei varietăți de alți compuși. Multe dintre acestea nu sunt necesare doar pentru plantă, ci și pentru alte forme de viață. Deși azotul reprezintă 80% din atmosfera Pământului, acesta nu este așa disponibil pentru absorbție și utilizare de către majoritatea organismelor, deoarece există ca gaz esențial inert (N_2) datorită unei triple legături covalente între doi atomi de azot. Pentru ca N_2 să fie pus la dispoziția organismelor, acesta trebuie redus chimic și combinat sub formă de amoniu (NH_4) într-un proces numit fixarea azotului.

Energia electrică a fulgerului contribuie într-o mică măsură la fixarea azotului în atmosferă prin fixarea fizică a azotului (FFA). Fixarea biologică a azotului (FBA) este realizată de către organisme vii, toate procariote. Câteva dintre bacteriile responsabile cu FBA trăiesc liber; cu toate acestea, cel mai mare flux de azot biodisponibil în ecosistem provine de la bacterii care formează relații simbiotice cu plantele. Deși simbiozele implicate în FBA pot fi găsite în tot regnul Plante, inclusiv la unele graminee tropicale (bacteria *Azospirillum*) și la feriga acvatică *Azolla*, majoritatea și cel mai bine studiate bacterii se află în asocierea cu membrii

familiei *Leguminosae* (*Fabaceae*) și implică specii de bacterii din genul *Rhizobium*. Bacteria primește carbohidrați de la plantă, iar planta gazdă obține azot într-o formă biodisponibilă de la bacterii.

Bacteriile *Rhizobium* trăiesc liber în sol, dar ele trebuie să infecteze o rădăcină de plantă pentru a fi capabile de fixare a azotului. Rădăcinile eliberează în rizosferă molecule care atrag bacteriile (homoserină, la *Pisum sativum*). Bacteriile sunt atrase de semnalul chimic și se deplasează spre rădăcină (chemotaxie pozitivă). Bacteriile se acumulează în rizosferă și se înmulțesc. Bacteriile eliberează „factori nodali” (polimeri mici ai derivaților de chitină) care stimulează rădăcină să producă mai mulți peri. Bacteriile eliberează semnale mitogene care stimulează producția de citokinine și inițiază formarea unui meristem în cortexul rădăcinii, numit meristemul primar al nodulului. Periciclul rădăcinii devine activ și crește spre exterior, conectând în cele din urmă sistemul vascular al rădăcinii cu cel al nodulului. Bacteriile pătrund în peretele părului rădăcinii secretând pectinază, celulaze și hemicelulaze și dezvoltă un „fir de infecție” prin părul rădăcinii spre nodulul în curs de dezvoltare din scoarța rădăcinii. Creșterea meristemului primar al nodulului împinge întreaga masă din rădăcină, pentru a se forma un nodul mare umplut cu bacterii (Fig. 46b). Bacteriile sunt „eliberate” în simplastul (citoplasmele celulelor, inter-conectate prin plasmodesme) celulelor corticale ale plantei prin desprinderea de firul de infecție, dar nu pătrund niciodată, efectiv, în citoplasmă. Celulele sunt înconjurate într-o mică măsură de o parte din membrana firului de infecție care se îngroașă și mai mult prin includerea polizaharidelor din planta gazdă într-o „membrană peribacteroidă” (Fig. 46c). Sistemul vascular al plantei gazdă crește și racordează nodulul la xilem și floem. Fixarea azotului începe de obicei la aproximativ 10-14 zile după ce nodulii s-au format și este mediată de un complex multienzimatic numit nitrogenază. Energia (sub forma a 16 ATP pe N_2 fixat) este furnizată de mitocondriile plantei, folosind glucide furnizate de floem. Nitrogenaza este extrem de sensibilă la oxigen. Prin urmare, planta sintetizează o proteină roșie, care conține hem, care leagă oxigenul, numită leghemoglobină. Mitocondriile pot funcționa la niveluri prea scăzute ale O_2 pentru a inhiba nitrogenaza, așa încât aportul respirator de ATP este menținut. NH_3 (amoniacul) format de nitrogenază este toxic; acesta este transformat în grupe de amine care sunt utilizate imediat în sinteza glutamatului, glutaminei sau a unei serii de aminoacizi transportabili. Aminoacizii sunt încărcăți în xilem și transportați în toată planta prin fluxul de transpirație.

h. Micorizele

Pe rădăcinile multor plante, atât ierboase cât și lemnoase, se dezvoltă anumite ciuperci care formează cu rădăcinile relații simbiotice numite *micorize*.

Între ciuperci și plantele pe care se dezvoltă se stabilesc raporturi simbiotice; ciupercile, în schimbul substanțelor nutritive hidrocarbonate pe care le preiau de la planta verde, contribuie la: înlocuirea perilor absorbantți, determină o fermentație mai rapidă a substanțelor de rezervă amidonoase pe care le hidrolizează până la

monozaharide. Prin surplusul de hidrocarbonați solubili, se intensifică metabolismul plantei, mărind puterea de absorbție a rădăcinii și frunzelor. Unele ciuperci secretă anumiți hormoni de creștere, determinând o dezvoltare mai intensă a rădăcinilor. După locul din interiorul rădăcinilor, unde se dezvoltă micorizele, se deosebesc 3 tipuri de micorize:

- **Externe sau ectotrofe (ectomicorize).** În acest caz, ciuperca se dezvoltă în spațiile intercelulare ale scoarței rădăcinii, trimițând la exterior firisoare ce îndeplinesc funcția de absorbție. Aceste rădăcini sunt înconjurate de o pâslă formată de filamentele ciupercii (Fig. 47).



Fig. 47. Ectomicoriză (micoriză ectotrofă) la suprafața unei rădăcini de *Picea pungens* (săgeata indică rădăcina laterală acoperită de o pâslă deasă formată de hifele ciupercii) (Crang *et al.*, 2018)

De asemenea, hifele pătrund în țesutul rădăcinii și cresc prin spațiile apoplastice (peretele celular) din interiorul scoarței, formând o structură numită rețeaua Hartig (Fig. 48). În timp ce ciuperca este într-adevăr în interiorul rădăcinii, ea crește doar în spațiul peretelui celular și nu pătrunde în celule (Fig. 48). Astfel, prefixul „ecto-” (exterior) se aplică tehnic, chiar dacă ciuperca se află în rădăcină.

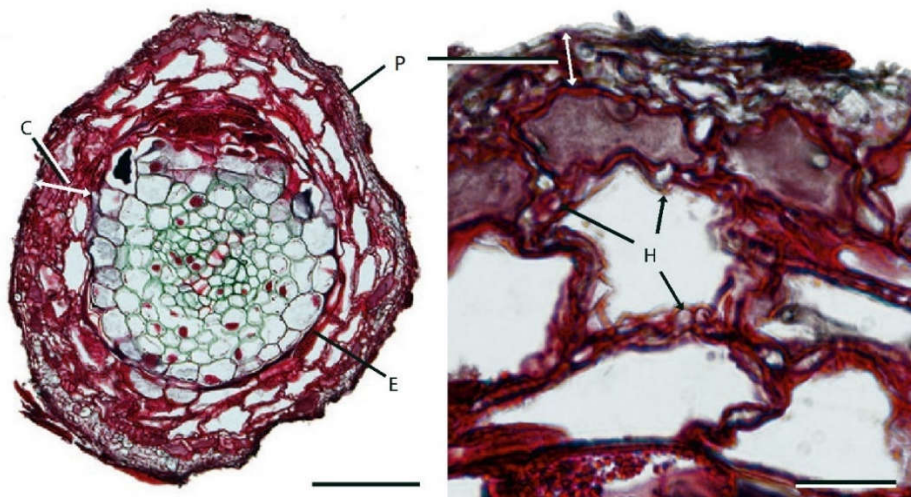


Fig. 48. Stânga – Pâslă (P) și rețea Hartig (H) într-o rădăcină de pin (*Pinus* sp.). Pâslă (P) este un strat subțire la suprafața rădăcinii. Apoi, întreaga scoarță a rădăcinii (C) este infectată cu hifele fungice ale rețelei Hartig, dar ciuperca nu traversează endoderma (E) și nu intră în cilindrul central; Dreapta – Celulele hifale individuale (H) ale rețelei Hartig pot fi văzute ocupând apoplastul celulelor parenchimului cortical (Crang *et al.*, 2018)

- **Interne sau endotrofe (endomicorize)** sunt micorizele care se dezvoltă în interiorul celulelor, alcătuind îngrămădiri în formă de ghem (Fig. 49). Ciupercile endomicorizante cresc deci și pătrund în celule radiculare individuale (Fig. 49). Odată ajunse acolo, hifele formează vezicule hifale sau o structură ramificată numită arbuscul („ramificată ca un arbore”); prin urmare, ciupercile endomicorizante de acest tip sunt numite și ciuperci micorizante arbusculare; acestea sunt mai răspândite decât ciupercile ectomicorizante. Deși hifele pătrund în spațiul interior al celulelor, acestea nu pătrund în membrana plasmatică și nu intră în simplast. Prefixul „endo-” a fost aplicat în urma observațiilor de microscopie optică, deoarece arbusculele ocupă interiorul celulei. Odată cu apariția microscopiei electronice, s-a observat că ciuperca nu intră cu adevărat în partea vie a celulei, dar prefixul „endo-” („interior”) s-a menținut. Ionii minerali, în principal fosfatul, sunt concentrați în arbuscul, care este prezent doar pentru o perioadă scurtă de timp, poate de 3-8 zile. Arbusculul se dezvoltă, se maturizează, acumulează minerale și apoi este absorbit de gazdă.
- **Externe-interne sau ecto-endotrofe.** În acest caz, ciuperca se dezvoltă atât la suprafață, cât și în interiorul celulelor.

La unele plante se întâlnesc toate aceste 3 tipuri de micorize. Micorizele externe și externe-interne, sunt mult răspândite la arțar, stejar, plop, tei, păr etc. Micorize interne se găsesc la multe plante ierboase, cum sunt: iarba câmpului (*Agrostis*), coada vulpii (*Alopecurus*), ceapă, stânjenel, fragi (*Fragaria*), lucernă, sulfină (*Melilotus*) etc.

La unele plante cum sunt orhideele cu micorize endotrofe, co-evoluția simbiotică este atât de avansată, încât acestea nu se pot dezvolta decât dacă, la germinare, este prezentă ciuperca respectivă.

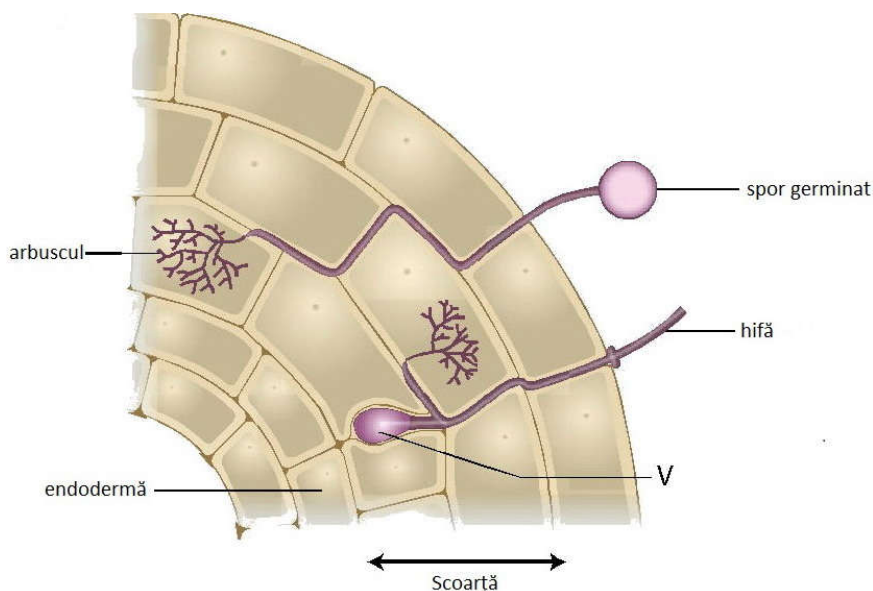


Fig. 49. Schemă a unei infecții – endomicoriză; V – veziculă (Crang *et al.*, 2018)

i. Rădăcini purtătoare de muguri

În mod obișnuit, așa cum s-a văzut, pe rădăcinile plantelor nu se formează muguri. La unele plante apar totuși muguri adventivi, care vor da naștere la tulpini aeriene numite *drajoni*. Acest mod de formare a lăstarilor din rădăcină se numește *drajonare*. Drajonii se pot forma atât pe plantele ierboase, cât și la cele lemnoase. Această însușire o au multe buruieni dăunătoare culturilor, cum sunt: pălămida (Fig. 50), volbura, susaiul (*Sonchus arvensis*), linarița (*Linaria vulgaris*) ș.a. Dintre plantele lemnoase, drajonează prunul, salcâmul, unele specii de ulm, trandafirul sălbatic, smeurul (*Rubus idaeus*) etc. Pălămida are înrădăcinare adâncă, până la 6 m, și un sistem radicular foarte dezvoltat, dispus în mai multe orizonturi de sol. Pe aceste rădăcini se găsesc muguri adventivi care pot reface planta pe cale vegetativă, chiar dacă rădăcinile sunt fragmentate, cum se întâmplă în cazul prășitului. Datorită însușirii de a forma drajoni, pălămida se dezvoltă în pâlcuri.

Formarea mugurilor pe rădăcină are importanță în înmulțirea plantelor pe cale vegetativă, astfel la liliac (*Syringa vulgaris*), salcâm, smeur, pădăie (Todor, 1958).

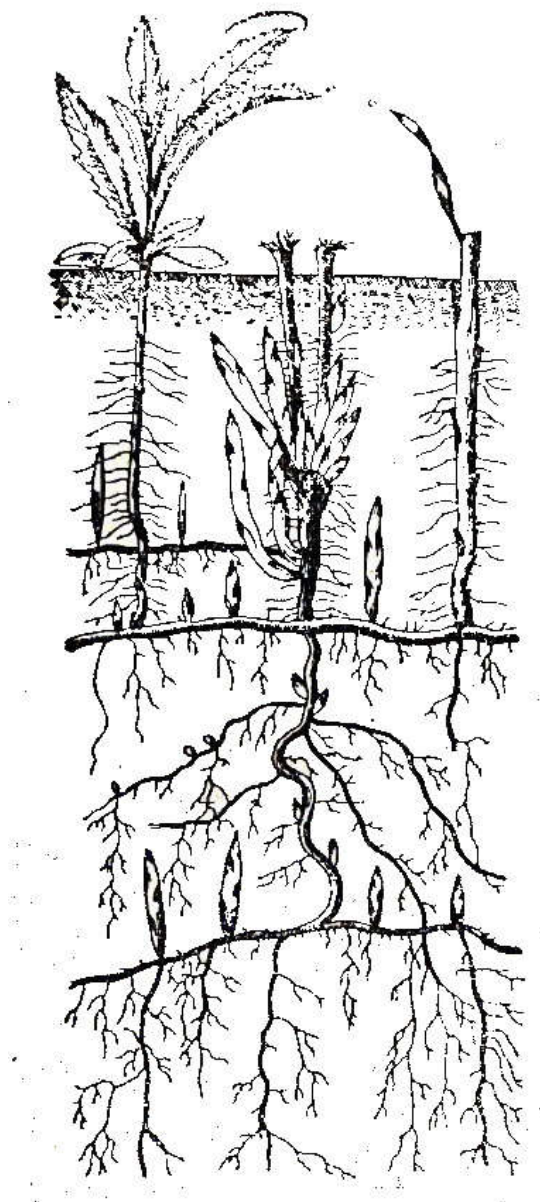


Fig. 50. Rădăcini purtătoare de muguri adventivi la pălămidă (*Cirsium arvense*) (Todor, 1958)

j. Rădăcini acvatice

Multe plante acvatice au rădăcina modificată, sau lipsește complet (Fig. 51). De exemplu, lintița are o rădăcină mică, neramificată, iar în locul pilorizei se dezvoltă rizomitra. Otrățelul de baltă (*Utricularia* – Fig. 51a), cosorul de apă (*Ceratophyllum*), sunt lipsite de rădăcini, funcția de absorbție fiind îndeplinită de frunze. La specii de *Salvinia* (peștișoară – *Salvinia natans* – Fig. 51b; *S. molesta* – Fig. 52), ferigi acvatice, frunzele sunt grupate în verticile de 3, 2 fiind plutitoare (natante), și unul, scufundat; frunzele plutitoare sunt fotosintetice, întregi, cu peri neumectabili pe suprafața adaxială și peri umectabili pe suprafața abaxială; frunza scufundată nu este fotosintetică, este fin divizată în segmente liniare care seamănă izbitor cu rădăcinile și care se pare că îndeplinește funcția de absorbție.

Plante lipsite de rădăcini sunt și printre cele de uscat, astfel, la unele orhidee ce cresc și în țara noastră (*Corallorhiza innata* – Fig. 51c), la care, funcția de absorbție este îndeplinită de rizomii ramificați de la baza tulpinii aeriene (Todor, 1958).



Fig. 51. a – Otrățelul (*Utricularia vulgaris*); b – peștișoara (*Salvinia natans*); c – *Corallorhiza innata* (a – rizom ramificat; b – tulpina floriferă) (Todor, 1958)

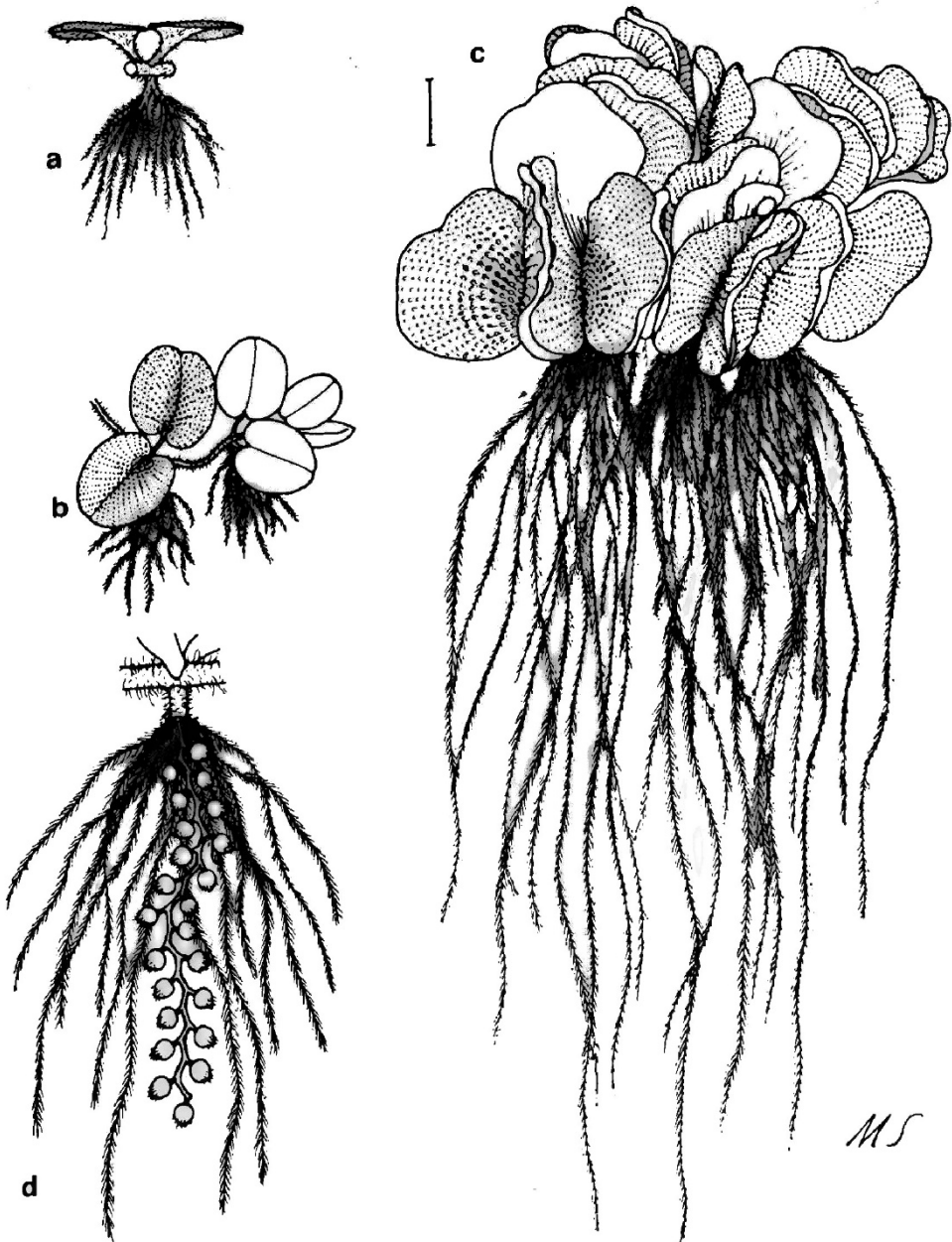


Fig. 52. *Salvinia molesta*; a – internod care prezintă un verticil de trei frunze; b – creștere – fază aplatizată; c – creștere în fază pliată; d – lanț de sporocarpi microsporangiali (1 cm) (Cook *et al.*, 1974)

RĂDĂCINA – ASPECTE ECOLOGICE

Așa cum s-a putut vedea până acum, rădăcina este un organ cheie în viața plantelor, prezentând o mare diversitate morfologică, ce reflectă realitățile ecologice și funcționale ale plantelor. Dincolo de marea diversitate de forme morfologice ale rădăcinilor, de uriașa plasticitate a sistemelor radiculare, din punct de vedere ecologic, discuțiile generale referitoare la rădăcină pot fi reduse la câteva aspecte esențiale:

1. Absorbția apei cu sărurile minerale.
2. Ancorarea plantei în sol.
3. Acumularea de rezerve (substanțe) nutritive.
4. Creșterea și dezvoltarea rădăcinilor în raport cu factorii ecologici.
5. Aerarea și creșterea rădăcinii.
6. Durata de viață.
7. Poziția rădăcinii în sol.
8. Rădăcini acvaticice.
9. Rădăcini aeriene.

În continuare, pentru a simplifica lucrurile, vom face câteva referiri la unele aspecte care privesc ecologia rădăcinilor, raportându-ne în principal la factorul hidric: prezența apei într-o cantitate suficientă în sol (dar și în atmosferă – cum ar fi, de exemplu, rădăcinile aeriene ale unor plante tropicale), sau, dimpotrivă, o prezență limitată, sporadică, sau chiar aproape absența apei din mediu (secetă fizică sau fiziologică); la cealaltă „extremă” (dar o numim astfel doar din rațiuni didactice), ne vom referi la rădăcinile plantelor acvaticice.

Prin urmare, vom urma două mari direcții ale discuțiilor: ecologia rădăcinilor plantelor care vegetează în medii uscate, aride (plante xerofile – *xerofite*, în sensul larg al cuvântului) și ecologia rădăcinilor plantelor acvaticice; rădăcinile aeriene ale unor plante tropicale (epifite) trebuie privite tot în sens de xeromorfoză, la acest grup de plante care vegetează în habitate cu umiditate suficientă, dar la care aprovizionarea cu apă (în special provenită din condensarea vaporilor de apă atmosferici) se face totuși cu dificultate. Reamintim – aceste repere sunt pur didactice, deoarece în natură există un continuum și o dinamică permanentă a unor variații ale factorilor de mediu; de exemplu, contrar percepției generale, unele plante din deșerturi își pot asigura aprovizionarea suficientă cu apă, iar, la polul „opus”, unele hidrofite (plante acvaticice, „iubitoare de apă”) se pot confrunta, temporar, cu lipsa apei.

De reținut că, pe lângă multitudinea de habitate afectate de secetă (uscăciune) fizică, există și habitate afectate de seceta (uscăciunea) fiziologică a solului (Grigore, 2008; Grigore și Toma, 2010a; 2011; 2017; Grigore *et al.*, 2014; Grigore, 2020).

A. Rădăcina la xerofite – medii uscate (xerice, aride)

I. Particularități ale sistemului radicular

1. Adâncimea de penetrare și răspândirea rădăcinilor în sol

Gradul de rezistență al plantelor la uscăciune este adesea dependent și condiționat de pătrunderea rădăcinilor lor în straturile de sol, superficial sau mai adânc. De exemplu, dacă, la începutul verii, în bazinul mediteranean, plantele anuale se usucă, gramineele cu rădăcini extinse, cruciferele, compozitele etc. mor printre primele. Examinând plantele cu frunze în stare proaspătă, cum ar fi specii de morcovi, *Delphinium rigidum*, *Ononis*, *Eryngium*, se constată că acestea posedă rădăcini pivotante sau sisteme radiculare ce pătrund relativ adânc în sol. Desigur, această situație este valabilă numai dacă ploile periodice udă solul la adâncimi mai mari de câțiva centimetri.

Cu cât precipitațiile sunt mai scăzute și mai împrăștiate, cu atât rădăcinile se mențin mai mult în straturile superioare ale solului. În consecință, plantele din deșert au adesea rădăcini extrem de puțin adânci (Cannon, 1911).

În acest sens, Cannon (1911), a descris mai multe tipuri de rădăcini întâlnite la plantele din deșert:

a. Rădăcinile majorității plantelor anuale nu pătrund în sol mai adânc de 20 cm. Cea mai mare dezvoltare a rădăcinilor laterale ale plantelor anuale are loc în stratul cuprins între 4 și 5 cm de la suprafața solului. Rădăcini rudimentare de prim ordin au fost observate la genurile: *Amsinckia*, *Erodium*, *Eritrichium*, *Harpagonella*, *Malva* și *Pectocarya* – printre plantele anuale de iarnă – și la *Amaranthus*, *Boerhaavia*, *Cladanthrix* și *Trianthema*, din formele de vară. Aceste rădăcini rudimentare s-au dezvoltat în continuare numai în condiții favorabile de umiditate, cum ar fi ploile din afara sezonului, când acestea devin de mare importanță pentru plantă.

b. Sistemele radiculare ale plantelor anuale de vară, care sunt distincte de cele de iarnă, sunt deosebit de bine dezvoltate. Această caracteristică se datorează dezvoltării importante a părții supraterrane la formele de vară, datorită condițiilor vegetative favorabile din acest anotimp, printre care, nu în ultimul rând, se numără solul cald. Iarna, solul, la adâncimea atinsă de rădăcinile anuale, este mai rece decât straturile superficiale și nu prezintă condițiile cele mai favorabile pentru absorbția apei. Iarna, de asemenea, dezvoltarea lăstarilor anuali este mai mică decât vara.

c. Plantele perene au trei tipuri de rădăcini, și anume: tipul generalizat, cu rădăcina principală și cu cele laterale bine dezvoltate, și două forme specializate, dintre care un tip are rădăcina principală dezvoltată, iar celălalt are rădăcinile laterale dezvoltate. *Covillea tridentata* (Fig. 53) și *Prosopis velutina* sunt reprezentanți ai plantelor cu rădăcini generalizate, în timp ce *Koeberlinia spinosa* (Fig. 54) și alte câteva plante au rădăcini specializate de primul tip, iar majoritatea cactușilor au rădăcini specializate ce aparțin celui de al doilea tip.

d. Majoritatea cactușilor prezintă două diviziuni ale sistemului radicular: una de ancorare și un sistem absorbant. La *Carnegiea gigantea* rădăcinile cu rol în ancorare, la plantele bătrâne, sunt asistate în funcția lor mecanică de bazele lărgite ale rădăcinilor laterale (Fig. 55). Acest lucru este valabil într-o anumită măsură și pentru cactușii arborescenți, dar lipsa dezvoltării secundare a acestui caracter la *Echinocactus wislizeni* este motivul principal pentru care plantele în vârstă se înclină brusc sau cad.

e. Suculența la rădăcinile speciilor de *Opuntia* este o adaptare care rezultă direct dintr-o aprovizionare abundentă cu apă. Nu se cunoaște dacă unele specii prezintă o tendință mai mare spre suculență decât altele. Această trăsătură a fost observată și la *Brodiaea capitata*.

f. Cele mai superficiale rădăcini ale tipului generalizat de sisteme radiculare și câteva din tipul specializat cactiform poartă, pe rădăcinile laterale mai mari, rădăcini filamentoase în grupuri de câte 6 sau mai multe. Acestea se formează în timpul sezonului ploios, în special vara, și mor odată cu uscarea solului. Aceste rădăcini prezintă un mare avantaj pentru plante, prin faptul că măresc mult și rapid suprafața de absorbție, fără a crește în același timp distanța de transport a apei – factor de o importanță foarte mare pentru plantele la care rata de transpirație este crescută.



Fig. 53. A – *Covillea tridentata* – prelungiri orizontale și verticale ale rădăcinilor; B – *Covillea*, arătând numărul mare de rădăcini adventive subțiri apărute din partea superioară a rădăcinilor și rădăcină pivotantă lungă, din care este figurată doar o porțiune (Cannon, 1911)



Fig. 54. *Koeberlinia spinosa*; a – planta izolată cu rădăcină principală proeminentă; b – mai mulți lăstari care provin dintr-o singură rădăcină laterală, care păstrează încă legătura cu rădăcina pivotantă parentală; c – rădăcini adventive cu rol în absorbție care provin dintr-o rădăcină laterală care nu a format o rădăcină pivotantă independentă; d – formarea secundară a rădăcinii pivotante într-un grup în care rădăcina laterală de legătură nu mai trăiește (Cannon, 1911)

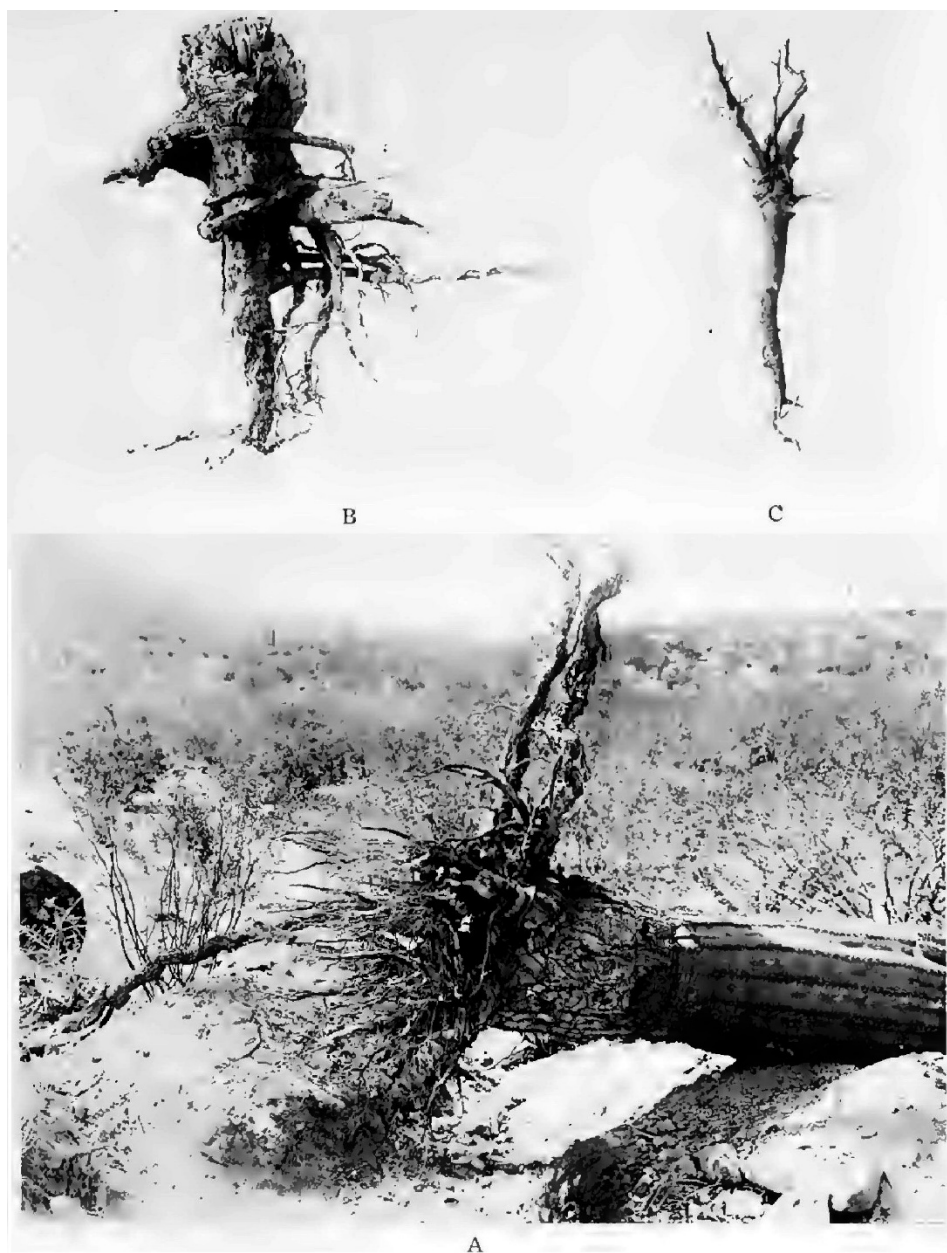


Fig. 55. *Carnegiea gigantea*, 0,8 m înălțime; A – rădăcini cu rol în ancorare și baze ale unor rădăcini laterale; B – rădăcină pivotantă și rădăcini secundare care alcătuiesc sistemul de ancorare și bazele unora dintre rădăcinile superficiale ale unui exemplar de *Carnegiea*, 1,8 m înălțime; C – rădăcină pivotantă și baze ale rădăcinilor laterale la *Parkinsonia microphylla* care vegetează lângă *Carnegiea* prezentată la (B) (Cannon, 1911)

Studiile lui Weaver asupra modalităților de înrădăcinare a plantelor din America de Nord (Weaver, 1919) au arătat că, în prerie, rădăcinile unei mari proporții a plantelor pătrund în sol mai adânc de 1,5 metri (Fig. 56, 57, 58), ajungând uneori chiar la aproape 4 metri. Această adaptare permite plantelor să exploateze straturile mai adânci de sol, după ce cele superioare s-au uscat. Dimpotrivă, în cazul preriei cu iarbă scurtă din vestul Kansasului și din Colorado, predomină un tip de rădăcină intermediară, unde, din opt specii examinate de Weaver, doar una, *Ladeania* (*Psoralea*) *lanceolata*, a pătruns în sol până la mai mult de 1,5 metri. În această regiune, tendința este spre o „răspândire pe scară largă a sistemului absorbant la suprafața solului”.

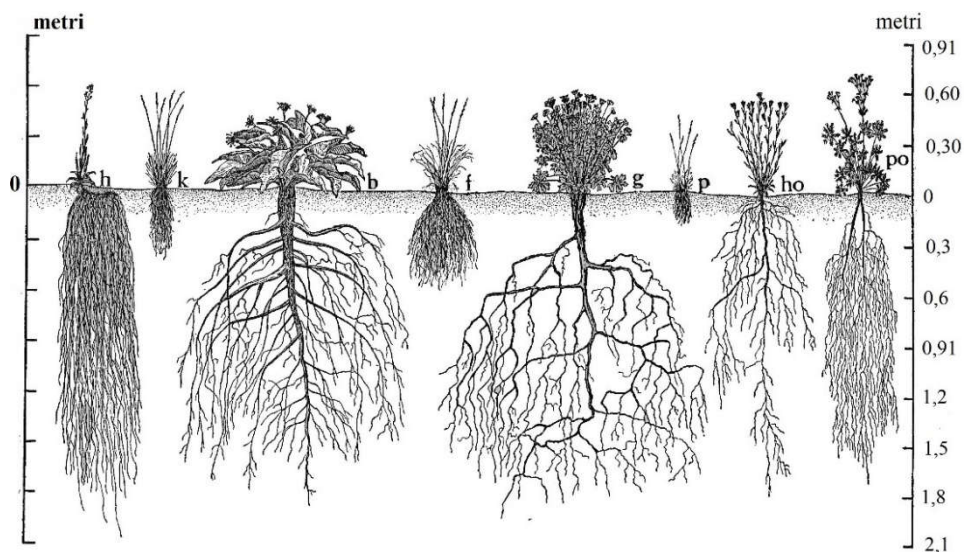


Fig. 56. Relațiile dintre rădăcini și tulpini la principalele specii de prerie – schemă; *h*, *Hieracium scouleri*; *k*, *Koeleria cristata*; *b*, *Balsamorhiza sagittata*; *f*, *Festuca ovina ingrata*; *g*, *Geranium viscosissimum*; *p*, *Poa sandbergii*; *ho*, *Hoorebekia racemosa*; *po*, *Potentilla blaschkeana* (Weaver, 1919)

În condiții tipice de deșert, arborii și arbuștii cresc în principal în canale, acolo unde apa de ploaie se adună cel puțin ocazional. Dacă există o vegetație perenă în cadrul unor ueduri („wadis”, în limba arabă, termen ce desemnează o vale largă caracteristică unor deșerturi din Africa de Nord și Arabia, cu fundul acoperit cu nisip și pietriș, prin care se scurg apele ploilor torențiale sau unele ape curgătoare nepermanente) mai mici sau mai mari, sistemele radiculare trebuie să fie extinse, întinse pe distanțe mari, în concordanță cu pătrunderea apei de ploaie în straturile superficiale ale solului. Sisteme radiculare extinse, de acest fel, au fost identificate în mai multe deșerturi: în Arizona (Cannon, 1911), Australia (Cannon, 1921), Deșertul Iudeei (Evenari, 1938).

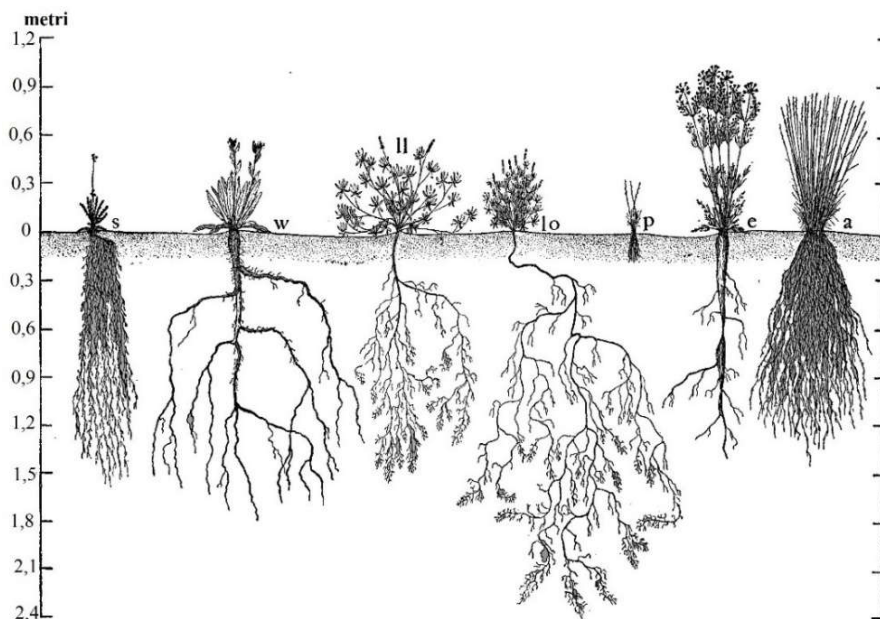


Fig. 57. Relațiile dintre rădăcini și tulpini la principalele specii de prerie – schemă; s, *Sieversia ciliata*; w, *Wyethia amplexicaulis*; ll, *Lupinus leucophyllus*; lo, *Lupinus ornatus*; p, *Poa sandbergii*; e, *Leptotaenia multifida*; a, *Agropyron spicatum* (Weaver, 1919)

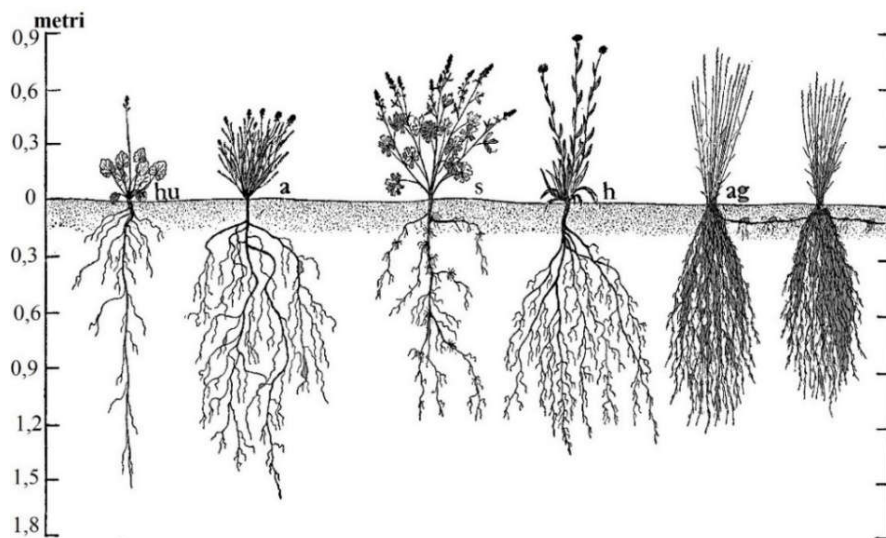


Fig. 58. Relațiile dintre rădăcini și tulpini la principalele specii de prerie – schemă; hu, *Heuchera glabella*; a, *Astragalus arrectus*; s, *Sidalcea oregana*; h, *Helianthella douglasii*; ag, *Agropyron spicatum* (Weaver, 1919)

Adâncimea pătrunderii rădăcinilor s-a dovedit, de asemenea, decisivă atunci când preria nord-americană cu iarbă scurtă a trecut printr-o intensă perioadă de secetă, în anul 1934. Albertson și Weaver (1945) au descoperit că o specie de stejar (*Quercus macrocarpa*) a supraviețuit, în timp ce majoritatea celorlalte specii s-au uscat; aceasta a fost o consecință a sistemului radicular extins, care pătrunde adânc în sol. Nucul, *Gleditschia*, *Machura* au supraviețuit, de asemenea, datorită înrădăcinării adânci. O experiență paradoxală a fost că speciile de plop s-au uscat în albiile secate ale râurilor, unde rădăcinile lor erau localizate aproape de suprafață, ca o adaptare la aerarea solului în perioadele normale, dar au supraviețuit la altitudini mai mari, unde rădăcinile pătrunseseră deja până la aproximativ 2,7 metri în cinci ani. În mod similar, Mueller și Weaver (1942) au raportat că ploaia mai adâncă și rădăcinile profunde au permis ca plantulele unor graminee de talie mică din prerie să supraviețuiască în condiții de secetă. Astfel, în experimentele conduse de aceștia, 90 până la 100% dintre plantulele de *Bouteloua gracilis* și *Buchloe dactyloides*, menținute neudate timp de 14 până la 17 zile, au supraviețuit, dacă rădăcinile lor au putut crește în sol umed până la o adâncime de 10 centimetri; dar supraviețuirea a fost de 17 până la 50 la sută numai atunci când solul a fost umed pe o adâncime mai mică de 7,5 centimetri.

Există exemple de pătrundere extrem de adâncă a rădăcinilor în nisipurile deșertului, depresiuni sau ueduri. Huber (1935) menționează cazul rădăcinilor de *Tamarix* (dar, mai ales, *Acacia* găsite la o adâncime de 30 de metri când a fost săpat Canalul Suez; multe specii de *Tamarix* sunt freatofite, ale căror rădăcini explorează adânc solul, în căutarea apei freatice – Grigore și Toma, 2010b). Observații similare au fost raportate și din bazinul Mării Caspice. Vassiliev (1931) a găsit rădăcini de *Salsola richteri* și *Arthrophyton arborescens*, specii din deșertul nisipos Kara-Kum, pătrunzând la adâncimi de câțiva metri. Marea majoritate a psamofitelor (plante de nisipuri) au format însă rădăcini orizontale, extrem de lungi, în zona intermediară a dunelor, de conservare a umidității, care se întinde de la o adâncime de un metru în jos. La *Ammodendron conollyi*, rădăcinile ajung la o lungime de 20 de metri.

Pe malul vestic al Mării Caspice, relațiile hidrice ale plantelor semi-deșertice au fost investigate de Kusmin (1929-1930) în Peninsula Apșeron (Abșeron, limba azeră – Azerbaidjan). Aici, rădăcinile lui *Alhagi camelorum*, specie cu înrădăcinare foarte profundă, *Medicago coerulea* și *Glycyrrhiza glabra* cresc inițial vertical, în jos. Aceste specii se ramifică doar la adâncimi cuprinse între 10 și 15 metri, acolo unde ating orizonturile acvifere. Observații similare au fost făcute de Shmueli (1948) pentru *Alhagi maurorum* și *Prosopis farcta* în deșertul Mării Moarte: rădăcinile pătrund până la 15 metri.

Un alt arbust de deșert cu rădăcini adânci și proprietăți biologice remarcabile este *Welwitschia mirabilis* (Fig. 59, 60), gimnospermă, care crește la nivelul paralelei 20 în deșertul Namib din Africa de Sud-Vest. Herre (1954) indică faptul că specia poate atinge pânza freatică în albiile vechi ale râurilor la adâncimi de 12 și chiar 18 metri. Alte opinii sugerează că, dimpotrivă, rădăcinile acestei specii pătrund până la

1,50 metri în sol, atingând capilarele solului, și nu pânza freatică propriu-zisă (Walter, 1939). Desigur, importanți sunt factorii ecologici locali, căci în unele situații, apa provenită din condensarea ceții poate asigura o umiditate suficientă, în vreme ce, în locurile foarte uscate, cum ar fi canale și albie secate, rădăcinile plantelor pot penetra la adâncimi mari din sol.



Fig. 59. *Welwitschia mirabilis*; A – plantă tânără, cu flori; B – plantă bătrână, cu tulpină bilobată (Engler, 1908)

Aprovizionarea corespunzătoare cu apă din straturile acvifere adânci duce la deficite reduse de apă la *Alhagi camelorum*, chiar și în timpul orelor calde ale zilelor uscate de vară (Kusmin, 1929-1930). De asemenea, această aprovizionare este responsabilă pentru ratele ridicate ale transpirației la *Acacia tortilis* și *A. spirocarpa* în deșertul sudic al Israelului (Zohary și Orshan, 1956).



Fig. 60. *Welwitschia mirabilis*, Grădina Botanică din Padova (original)

Autorii au raportat o pătrundere a rădăcinii pe o adâncime de 1,50 metri și cel puțin 4 până la 5 metri în lățime în cursurile de apă mici unde cresc acești arbori, într-o regiune care primește doar aproximativ 50 mm de precipitații. Alimentarea cu apă bine echilibrată permite chiar și acestor specii de *Acacia* și unor specii de *Tamarix* din deșertul Negev o activitate cambială neîntreruptă pe tot parcursul anului (Fahn, 1958; 1959).

Înrădăcinarea profundă a plantelor perene lemnoase în cursurile de apă care se usucă periodic sunt, de asemenea, frecvente în Deșertul Rajasthan (Sarup, 1952). Morello (1952; 1955; 1956) indică acest fenomen pentru *Larrea divaricata*, *Zuccagnia punctata*, *Acacia visco* etc., în nord-vestul uscat al Argentinei, iar Vassiliev (1931) pentru *Smirnovia turkestanica* în Kara-Kum.

Un echilibru hidric favorabil al speciei *Aristida pungens* și *Pennisetum dichotomum* din Sahara este corelat cu pătrunderea adâncă a rădăcinilor în straturile de sol permanent umede (Lemée, 1954). În condiții mai puțin aride, asociate cu înrădăcinare profundă, alimentarea cu apă este facilă și permanentă, situație descrisă de Rawitscher *et al.* (1943) pentru formațiunea de tip „campos cerrados”, un tip de savană prezent în Brazilia.

Unii arbuști sau arbori mici sunt incluși în grupul „pirofitelor”, adică plante rezistente la foc (incendii), prezintă diferite strategii de rezistență (supraviețuire) la incendiere, printre care: ritidomă groasă, organe subterane numite xilopodii (lignotuberculi, rădăcini sau tulpini subterane lemnoase, lignificate – Fig. 61, 62), sau rădăcini succulente cu rol de depozitare. Aceste plante apar ulterior din muguri care supraviețuiesc după incendiu (Rawitscher și Rachid, 1946). Acest grup biologic, reprezentat prin *Jacaranda decurrens* (Bignoniaceae), *Craniolaria integrifolia* (Pedaliaceae) și *Attalea exigua* (Palmae) etc., conține tipuri cu rădăcini penetrante extrem de adânci, ajungând până la 10 sau 11 metri, iar, în cazul lui *Andira* sp., chiar și până la 18 sau 19 metri. Aceste specii consumă apă fără restricții în sezonul uscat și nu posedă cuticulă groasă, dar nici nu se confruntă cu deficite mari de apă – o situație care pare să le plaseze în categoria pseudo-xerofitelor.

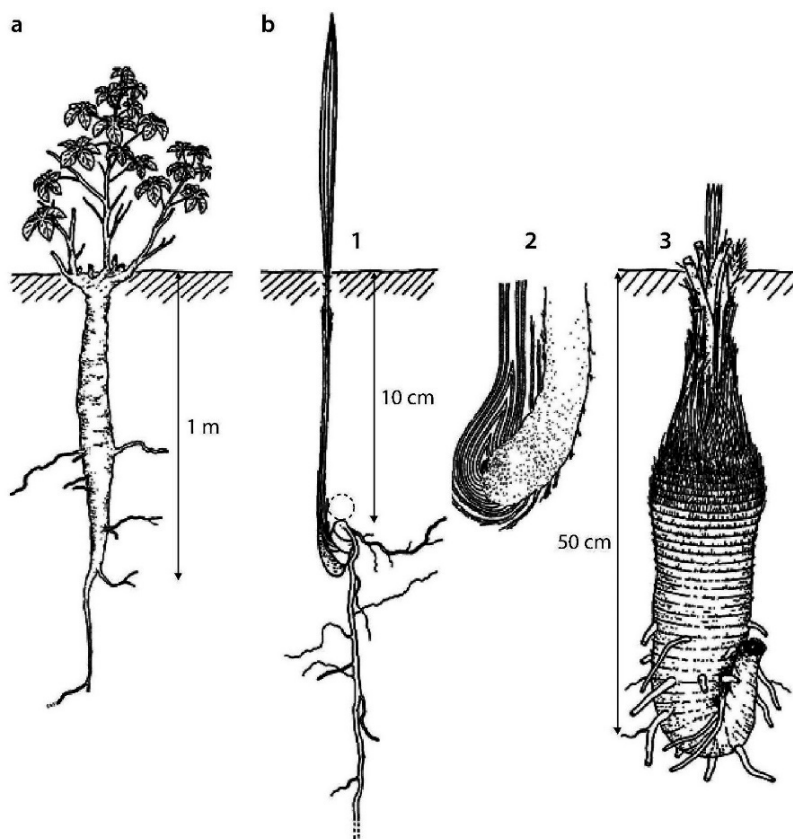


Fig. 61. Plante cu xilopodii: a – *Cochlospermum regium* (Cochlospermaceae); b – *Acrocomia hassleri* (Arecaceae): 1 – plantulă (cercul punctat marchează poziția seminței); 2 – partea subterană a unui plante tinere; vârful părții aeriene începe să se îndoaie în sus; 3 – tulpina subterană (Rawitscher și Rachid, 1946; Rawitscher, 1948)

Prin urmare, formarea organelor subterane lignificate (xilopodii, lignotuberculi) la unele specii reprezintă un fenomen tipic al zonelor aride, în special al savanelor braziliene de tip „cerrado” (Fig. 61, 62). Aceste organe se pot dezvolta din rădăcini sau lăstari și au muguri adventivi din care se regenerează anual lăstarii ce vor purta frunze și flori. În funcție de poziția xilopodiilor – în întregime sub suprafața solului sau chiar deasupra acestuia – plantele sunt clasificate fie ca geofite, fie ca hemicriptofite (Fig. 61a). Unii palmieri pitici (de exemplu, *Acrocomia hassleri*) sunt cunoscute ca având tulpini subterane. După ce sămânța a germinat, tulpina palmierului crește inițial în jos; odată ce a atins o adâncime de sol de aproximativ 60 cm, se îndoaie în sus și smocul de frunze se dezvoltă deasupra suprafeței solului (Fig. 61b).

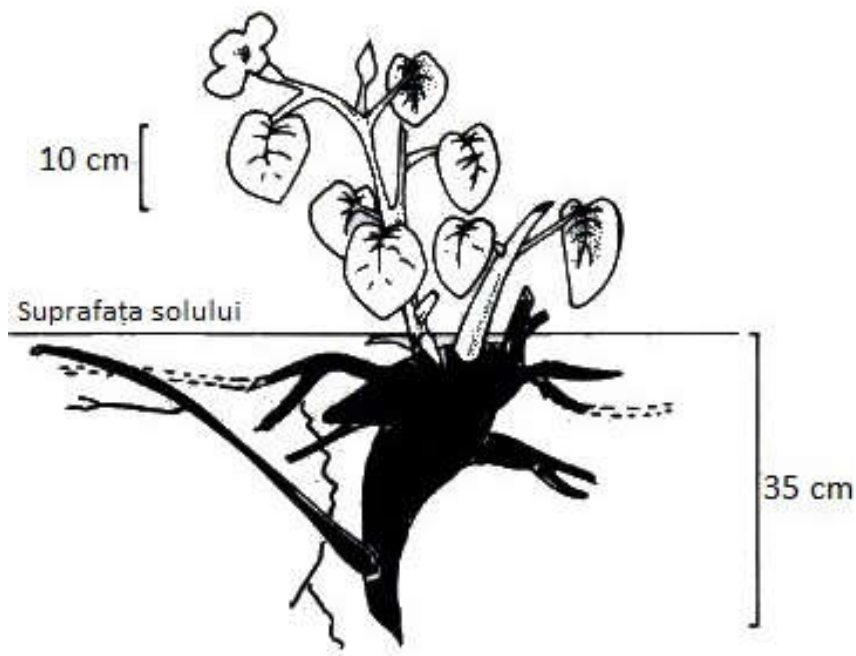


Fig. 62. Xilopodium (lignotubercul) la *Graniolaria integrifolia* – din „cerrado” brazilian (Furley *et al.*, 1983)

Pe lângă brazdele de eroziune, văi și depresiuni, rădăcinile se concentrează în principalele straturi de stocare a apei, a căror localizare depinde de textura și structura solului și de precipitații. Glendening (1940), studiind o graminee perenă din pășunile sărace din Arizona, a găsit că adâncimea de pătrundere a rădăcinii principale și zona de origine a celor laterale reflectă clar adâncimea până la care pătrund precipitațiile în sol. În dunele semi-deșertice, Morello (1955; 1956) a găsit rădăcini concentrate pe o adâncime a solului cuprinsă între de 10 și 40 centimetri.

Chiar și puținele specii cu rădăcini adânci, cum ar fi *Atriplex lampa* și *Larrea divaricata*, mențin între 60 și 70 la sută din rădăcinile lor absorbante în acest strat al solului.

Variația adâncimii de penetrare și de ramificare a rădăcinii în funcție de precipitații a fost studiată de Boyko și Abraham (1954) la *Artemisia herba-alba*, o specie caracteristică stepelor orientale. La limita deșertică a apariției sale, rădăcina primară scurtă se ramifică deja la o adâncime de 2 până la 5 centimetri, rezultând un sistem radicular extrem de superficial. Însă, odată cu o cantitate mai mare de precipitații, rădăcinile coboară până la 40 sau 50 de centimetri, pătrunzând în fisuri verticale de calcar și ramificându-se doar în stâncă.

Acest comportament coincide cu modurile de înrădăcinare ale arbustului *Poterium spinosum* care acoperă mulți km² de șanțuri stâncoase sărace în zonele deluroase ale Palestinei. Rădăcina pivotantă a plantulei, care poate crește până la 40 de centimetri lungime în primul sezon, se ramifică ulterior în fisurile stâncii subiacente. Acolo folosește apa stocată în sol care umple crăpăturile. Speciile cresc slab, sau lipsesc complet pe soluri plate care acoperă roci nefisurate. În condiții mediteraneene sub-umede sau în soluri ușoare, zona de stocare a apei este relativ adâncă, astfel încât rădăcinile pot pătrunde până la câțiva metri în sol, așa cum a fost demonstrat pentru stejarii mediteraneeni, specii de *Pistacia* (Oppenheimer, 1956; 1957) și de pin.

Dar, în condiții aride de deșert, în cazul înrădăcinării superficiale, plantele au nevoie de o suprafață din ce în ce mai mare pentru subzistența lor, iar aceasta este cu atât mai pronunțată, cu cât solul este mai puțin adânc și cu atât substratul este mai dur. Numai în nisipuri, așadar, ne putem aștepta, în principiu, la o înrădăcinare relativ profundă, ca urmare a unei permeabilități ridicate și a unei capacități scăzute de depozitare a apei, în acest tip de sol (Kusmin, 1929-1930; Walter, 1932; Weaver, 1920). În solurile compacte și dure ale deșerturilor stâncoase, înrădăcinarea superficială sau foarte superficială este frecvent întâlnită, realitate stabilită de studiile efectuate de Cannon (1906), Stocker (1928) și Evenari (1938) în deșerturile de pe trei continente, situație întâlnită și în stepele sărace în vegetație din Argentina (Morello 1955; 1956). Aici, *Larrea divaricata*, de obicei o specie freatofită, formează rădăcini orizontale lungi de 6 metri chiar și în vecinătatea imediată a unei albie de râu în curs de uscare, dar își trimite rădăcinile în jos doar până la o adâncime cuprinsă între 30-50 de centimetri. Rădăcini orizontale extrem de lungi, care se extind până la 26 de metri, sunt dezvoltate de *Prosopis spicigera*, o specie psamofită a Marelui Deșert Indian (Sarup, 1952), în timp ce sistemul radicular al speciei *Zygophyllum dumosum*, studiată de Evenari (1938), atinge o rază de 4 metri. Acest autor indică faptul că suprafața acoperită de rădăcinile unui exemplar de *Retama roetam* nu poate fi mai mică de 40 de metri pătrați, în timp ce Morello (1955; 1956) indică chiar 100 până la 150 de m² pentru tufele de *Larrea cuneifolia* și *L. divaricata* care cresc pe platourile înalte (*mesetas*) din zonele aride ale Argentinei.

Condiții similare sunt descrise și pentru pomii fructiferi sălbatici din Asia Centrală. Zalensky (1940), studiind pătrunderea rădăcinilor de *Pistacia vera* și ale migdalilor din stepele montane din Turkmenistan – cu 320 de milimetri de precipitații și veri extrem de uscate – a găsit o înrădăcinare superficială, în contrast evident cu, de exemplu, comportamentul migdalului ce are la dispoziție o cantitate mai mare de precipitații în Palestina (Oppenheimer, 1932). Una din speciile de *Pistacia* posedă sistem radicular puternic ramificat lateral, care se întinde pe o rază de 10 sau 12 metri de locul de origine.

2. Forma sistemelor radiculare

Structura sistemelor radiculare, mult studiată de agronomie și silvicultură, a început să se consolideze, de zeci de ani, ca o ramură specială a ecologiei plantelor numită „rizologie”.

În linii mari, se disting sisteme radiculare simpodiale sau fibroase, întâlnite mult la plantele ierboase și palmieri, și sisteme radiculare monopodiale cu rădăcină pivotantă centrală, verticală și ramificații secundare. Acest tip, foarte răspândit la dicotiledonate, poate fi profund penetrant, cu ramificații scurte și rare, sau scurt, cu rădăcina principală pipernicită și ramificații laterale puternic dezvoltate. Dacă ambele părți ale sistemului radicular sunt bine dezvoltate, acesta aparține „tipului general” al lui Cannon (tipuri menționate pe larg mai sus, Cannon, 1911). Cu toate acestea, rezultă un sistem superficial dacă rădăcina principală, pivotantă, se oprește devreme din creștere, sau dacă aceasta se degradează.

Tipul general este bine adaptat pentru a funcționa atât în anotimpurile umede, cât și în cele aride. Cea mai mare putere de exploatare a umidității solului și, în consecință, cea mai mare rezistență la secetă pentru plante, rezultă atunci când ramificațiile orizontale puternice care și-au avut originea în orizontul superior al solului trimit în jos ramuri verticale; acesta este cazul pinului silvestru din Europa și al speciei *Eucalyptus camaldulensis*.

Un tip asemănător de creștere a fost descris și de Specht și Rayson (1957) pentru *Banksia marginata* din Australia. O tendință specifică spre înrădăcinare profundă predomină în anumite culturi de câmp, cum ar fi trifoiul și sulfina (*Melilotus*), și, în special lucerna, pentru care Rawitscher (1946) indică o adâncime de 20 de metri.

Plantele de zone aride nu diferă fundamental – în tipurile de sisteme radiculare – de cele din alte zone; cu toate acestea, ele par a fi foarte plastice în ceea ce privește adaptabilitatea lor în raport cu straturile acvifere.

În deșerturi, rădăcinile pivotante sunt deseori deviate de la cursul lor vertical de uscăciunea sau compactitatea straturilor inferioare de sol. Deformarea lor favorizează formarea rădăcinilor laterale, cu origine pe latura convexă a curbării rezultate. Acest lucru duce la formarea sistemelor de rădăcină „bipartite” care se deplasează orizontal în direcții opuse. Acest tip de comportament se întâlnește la *Suaeda asphaltica* (Evenari, 1938) și la *Casuarina pusilla* (Specht și Rayson, 1957).

Totodată, rădăcina pivotantă poate rămâne verticală, dar este scurtă sau moare de la vârf, așa cum a demonstrat Morello pentru *Atriplex lampa* (1955; 1956), în timp ce ramificațiile laterale puternice sau numeroase care se dezvoltă în apropierea originii sale devin mai viguroase și formează sistemul principal al rădăcinii. Întrădăcinarea rapidă este frecventă și la cactuși, adesea citați ca exemplu de plante din deșert care absorb rapid umiditatea din ploi rare, ale căror precipitații nu pătrund adânc în sol.

Desigur, această situație nu este valabilă pentru toți cactușii, așa cum a subliniat și Cannon (1911). Acest ecolog american a arătat că specia de cactus gigant (*Carnegiea gigantea*, a se vedea Fig. 55) posedă rădăcini adânci, pe lângă cele superficiale. El susține că această caracteristică, ce protejează în mod evident planta înaltă împotriva smulgerii din pământ, explică absența ei din solurile plate situate deasupra straturilor impermeabile „caliche” ale deșertului Arizona, unde, dimpotrivă, se găsește *Echinocactus wislizenii*, cu rădăcini superficiale.

Un caz similar cu cel al genului *Carnegiea* a fost descris de Morello (1951) pentru „Estepa de Tarilla” din provincia Tucuman (Argentina); este vorba de *Trichocereus terscheckii*, care are rădăcini răspândite atât lateral, cât și pe verticală. Acestea din urmă, utile atât pentru absorbția apei, cât și pentru ancorare, ajung până la 70 de centimetri.

Motivele dezvoltării rădăcinilor la adâncimi mici, de aproximativ 5 până la 10 centimetri în sol, sunt probabil complexe. Trebuie luate în considerare aerarea, nutrienții, relațiile hidrice, temperatura și corelațiile interne, precum și proprietățile genetice specifice. Boyko (1957) a interpretat fenomenul din deșerturi ca o adaptare la condensarea subterană de rouă, într-un strat de 3 până la 8 centimetri adâncime; în urma unor studii anterioare (Boyko și Abraham, 1954), s-a sugerat că *Amaranthus blitoides*, vegetând în Ierusalim ca plantă ruderală, s-ar usca în iulie dacă nu ar exista o distilare nocturnă a vaporilor de apă, de la straturile adânci ale solului, umed și cald, la cele superioare, uscate și răcoroase. Se presupune că această sursă durabilă de umiditate, și nu roua neregulată, explică subzistența acestei specii pe tot parcursul verii, caracterizată de absența ploii. Absorbția picăturilor de rouă din nisipul deșertului de către rădăcinile puțin adânci este, de asemenea, presupusă de Killian (1942) pentru specia *Bromus rubens*.

II. Relația parte supratrană-rădăcină

Este un fapt bine stabilit că, în condiții de uscăciune, plantele dezvoltă relativ mai multe rădăcini decât tulpini și frunze. Creșterea preponderentă a rădăcinilor are loc la numeroase xerofite încă din stadiul de germinare. Motivele au un caracter ereditar. Astfel, plantulele de pin studiate de Nobbe (vezi Neger, 1913) în condițiile umede ale Germaniei, au dezvoltat un sistem radicular mult mai puternic decât molidul sau bradul, care sunt mai puțin rezistente la secetă. Mai târziu, condițiile fiziologice joacă un rol decisiv; se pot aștepta deficite interioare de apă mai mici în vârfurile în creștere ale rădăcinilor decât în cele ale părților aeriene în perioadele de

secetă. Acest lucru va schimba echilibrul proceselor de creștere în favoarea rădăcinilor. Pe de altă parte, lumina puternică, adesea combinată cu seceta, va scădea creșterea părții supreraterane și va favoriza acumularea de ample rezerve de carbohidrați.

Asemenea condiții pot fi responsabile pentru disproporția surprinzător de mare dintre rădăcini și partea supreraterană a plantei, situație întâlnită la mai multe plante din deșerturile montane înalte din Pamir. Aici, greutatea rădăcinii o depășește pe cea a părții supreraterane cu de 30 până la 50 de ori (Sveshnikova și Zalensky, 1956). Principiul raportului scăzut: parte aeriană/rădăcini în regiunile uscate – care poate fi evaluat ca raport dintre lungimi, greutatea proaspete sau uscate – este clar pronunțat chiar și în condiții moderat uscate. De asemenea, această situație a fost stabilită și pentru planta suculentă *Kalanchoe aegyptiaca*, de către Migahid (1937), care a găsit un raport rădăcină/parte supreraterană de aproape de două ori mai mare la o umiditate a solului de 35%, comparativ cu valori de 65, 80 sau 95%. Dar acest lucru nu este valabil pentru plantele extreme de deșert, așa cum a subliniat Stocker (1928), care a descoperit că sistemele radiculare ale unor astfel de plante sunt chiar mai puțin dezvoltate decât cele ale plantelor vegetând în locurile umede.

Explicația ar putea fi că un sistem radicular suprad dezvoltat ar amenința existența plantei prin pierderea apei în sol, dacă rădăcinile nu sunt extrem de bine protejate împotriva uscării prin învelișuri impermeabile. Într-adevăr, Magistad și Breazeale (1929) au demonstrat că articulațiile de cactus înrădăcinate, expuse unui curent de aer în sol uscat la etuvă, pierd de două ori mai multă apă din rădăcini decât prin transpirația de la nivelul lăstarilor lor. Pe de altă parte, frunzele sau lăstarii asimilatori, afectați de condițiile nefavorabile de asimilare a carbonului aproape tot timpul anului, ar fi probabil incapabile să furnizeze hrană unui sistem radicular mare și, în consecință, ar trebui să moară de „foame”.

Investigațiile efectuate de Zohary și Orshansky (1954) la *Zygophyllum dumosum*, un arbust suculent din deșerturile din Orientul Apropiat, sugerează că un astfel de raționament este corect. Această plantă are rădăcini superficiale (0-50 centimetri) în timpul lunilor de iarnă, dar pătrunde mai adânc cu rădăcini filamentoase de scurtă durată, sub formă de fire, după epuizarea rezervei de apă din stratul superior de sol. Se pare că lipsa de apă nu face ca planta să mențină un sistem radicular mare pe tot parcursul anului și că extinderea acesteia devine posibilă numai după acumularea rezervelor plastice în sezonul favorabil de primăvară.

Raportul schimbător dintre partea supreraterană și rădăcină, odată cu precipitațiile în scădere, este cel mai pronunțat în preria americană. Albertson (1937) a identificat că gramineele din preria cu iarbă scurtă (graminee de talie mică), de doar aproximativ 8 până la 13 cm, au rădăcini ce pătrund considerabil mai adânc. Într-un caz, *Bouteloua*, cu tulpini de 15 cm înălțime, avea rădăcini de circa 1,5 m în adâncime. Cifrele corespunzătoare au fost 0,7 m și 2,8 m pentru *Psoralea tenuiflora* cu rădăcini mai adânci, 0,9 m și 3,6 m pentru *Kuhnia glutinosa*, 0,3 m și 1,8 m pentru *Solidago glaberrima*.

Raportul pentru lungime – parte aeriană/rădăcină variază de la 1:3,5 la 1:6 în cazul gramineelor xerofite, față de 1:3 în cazul vegetației de tip „*Andropogon gerardii*”, de tip mezofit. Mueller și Weaver (1942) au concluzionat: „Rădăcinile viguroase ale plantulelor de graminee cu talie joasă dezvoltă devreme suprafețe extinse de absorbție și sunt adaptate pentru a furniza cantități mari de umiditate către vârfuri”. Un studiu critic al lui Schopmeyer (1939) asupra proprietăților care determină rezistența la secetă a speciei *Pinus echinata*, în comparație cu *P. taeda*, a condus la concluzia că dezvoltarea mai mare a sistemului radicular în comparație cu partea aeriană a plantei este factorul decisiv în asigurarea unei rezistențe crescute.

Utilitatea unei astfel de disproporții este adesea destul de evidentă, ca la *Lotus creticus*, studiat de Killian (1935) pe dunele de nisip. El a găsit o corelație strânsă între supraviețuirea plantulelor și lungimea rădăcinilor principale.

Cu toate acestea, dezvoltarea mai puternică a rădăcinilor nu presupune obligatoriu o extindere mare în adâncime sau în lățime (Fig. 63). În schimb, se găsește adesea o mai mare densitate, obținută prin ramificații secundare și terțiare crescute. Prin aceasta, este posibilă o mai bună utilizare a apei din sol dacă devine imobilă în intervalul de ofilire a umidității solului. Așa cum este bine-cunoscut, unele specii, cum sunt pepenele verde, *Citrullus colocynthis* (Fig. 64) și alte cucurbitacee anuale își datorează rezistența la secetă în principal înrădăcinării intensive.

Miller (1952) a putut explica rezistența mai mare la secetă a sorgului în comparație cu porumbul, în principal prin acest principiu. Pentru sorg s-a constatat că posedă aproximativ de două ori mai multe rădăcini primare pe unitate de lungime a rădăcinii principale, comparativ cu plantele de porumb. Astfel, dezvoltarea masivă a acestor rădăcini a fost mult mai mare, deși acestea nu se extind dincolo de limitele specifice rădăcinilor de porumb.

O caracteristică specială a sistemelor radiculare ale plantelor de stepă și deșert este formarea unor „rădăcini de ploaie” foarte lungi și delicate, care se dezvoltă într-un interval foarte scurt timp, uneori de câteva ore, după o ploaie rapidă. Stocker (1928; 1933), care le-a observat în Egipt, precum și în stepele alcaline ungare, le consideră extrem de caracteristice pentru aceste habitate. Funcția lor este, fără îndoială, de a mări temporar suprafețele absorbante pentru o exploatare pe scară largă a resurselor de apă care apar rapid și apoi se diminuează. Imediat ce solul se usucă, rădăcinile de ploaie dispar, iar rădăcinile permanente care formează scheletul radicular, sunt întărite din nou prin teci suberoase, a căror dezvoltare puternică nu este mai puțin caracteristică plantelor din deșert.

Puternica dezvoltare a sistemului (subteran) radicular, concomitent cu reducerea părții supraterane, este foarte bine ilustrată la xerofitele care vegetează în ecosistemele de tip „puna” (Fig. 65-73); acest termen desemnează stepele și semi-deșerturile montane înalte, ce cuprind o parte a vegetației centurii tropicale alpine, din zona munților Anzi din Peru, partea de nord a statului Chile și Argentina.

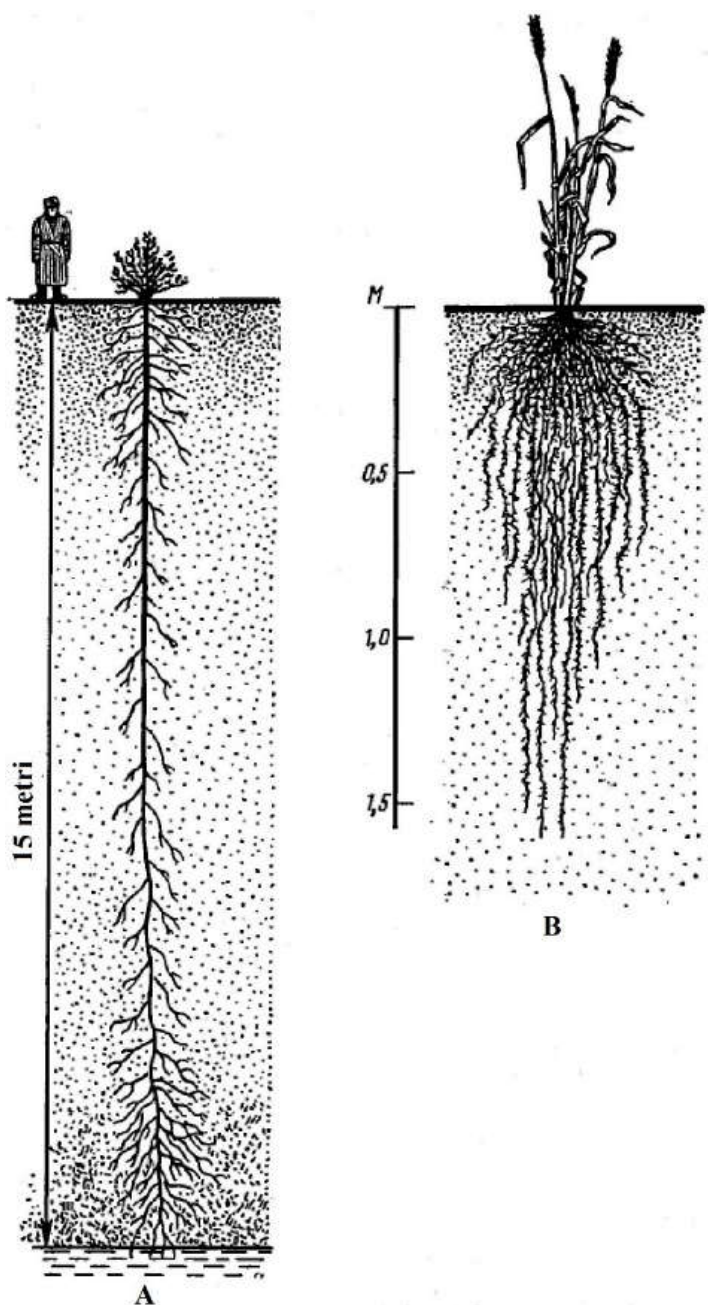


Fig. 63. Raportul parte aeriană: parte subterană și tipuri de sisteme radiculare; A – sistem radicular extensiv la *Alhagi camelorum*, sistem radicular profund, dar slab ramificat; B – sistem radicular intensiv la grâu – superficial, dar puternic ramificat (Gorîșina, 1979)

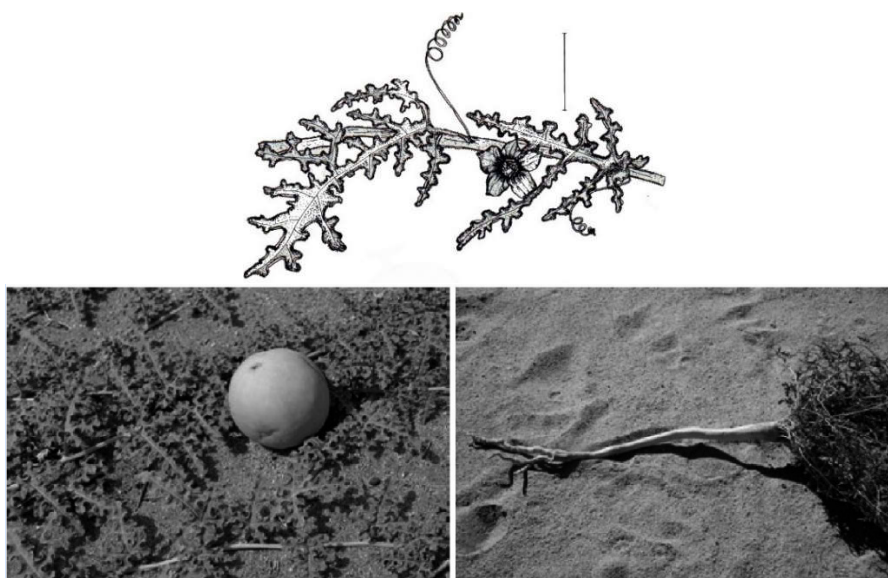


Fig. 64. *Citrullus colocynthis* (sudul Algeriei) – aspect general (sus); jos – cu frunze și fruct (stânga) și rădăcină tuberizată cărnoasă (dreapta) (Ghazanfar, 1994; Pfadenhauer și Klötzli, 2020); se observă și cârceii tipici pentru familia *Cucurbitaceae*

Aici, după cum spuneam, adaptările plantelor se exprimă în special prin reducerea puternică a creșterii supratereane; de aceea, aceste plante sunt numite „criptocaulă” (*krypto*, gr. – ascuns; *caulis*, lat. – tulpină, deci „cu tulpină/parte aeriană ascunsă”, adică foarte redusă) și „acaule” („fără tulpină”, cu aluzie la faptul că partea supratereană este foarte redusă, până aproape de completa dispariție), prin sistem radicular puternic dezvoltat, lignificarea rădăcinii principale pivotante. Aceste rădăcini puternice, în formă de rădăcină de sfeclă, deși comune, nu prezintă în general textura organelor de depozitare tipice; lungimea este mult mai vizibilă decât grosimea, iar consistența este mai degrabă lemnoasă decât cărnoasă (tuberizată), ceea ce le deosebește de rădăcinile cu rol tipic de depozitare, fie a apei, fie a substanțelor de rezervă.

Unele specii de psamo-halofite (care vegetează pe nisipuri, mai mult sau mai puțin salinizate), situate la o distanță considerabilă de apa mării (și deci lipsită de acțiunea sa directă), prezintă un sistem radicular profund, comparativ cu partea lor aeriană. Este cazul speciilor *Cakile maritima* (Fig. 74) și *Salsola kali* (Fig. 75, 76), la care rădăcina principală are aproximativ 1,2-1,3 metri lungime, în timp ce tulpina (partea aeriană) ajunge la doar 20-30 centimetri (Grigore *et al.*, 2012). Aceasta este o adaptare evidentă la condițiile xerice legate de nisipul maritim care este permeabil pentru apă și care nu permite reținerea acestuia în straturile superioare. În consecință, speciile care vegetează în această zonă trebuie să dezvolte un sistem radicular profund pentru a ajunge la pânza freatică.

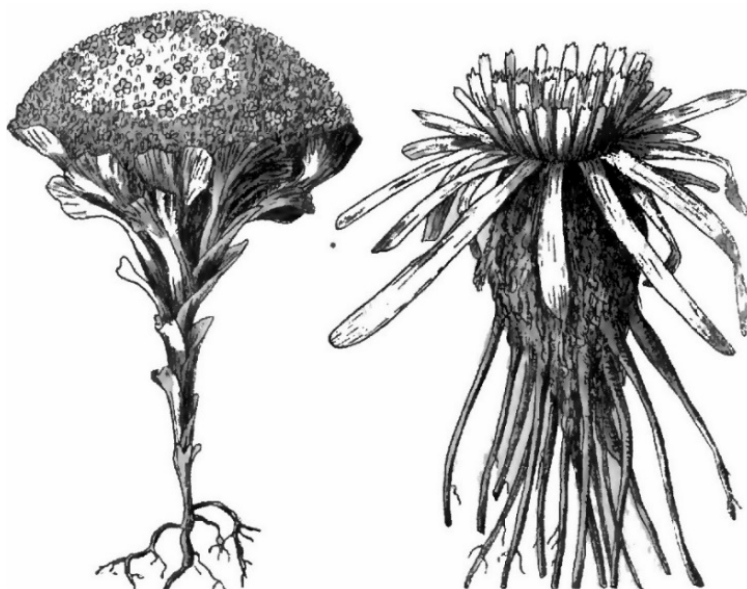


Fig. 65. *Stangea henrici* (stânga); *Werneria nubigena* (dreapta) (Warming, 1918)

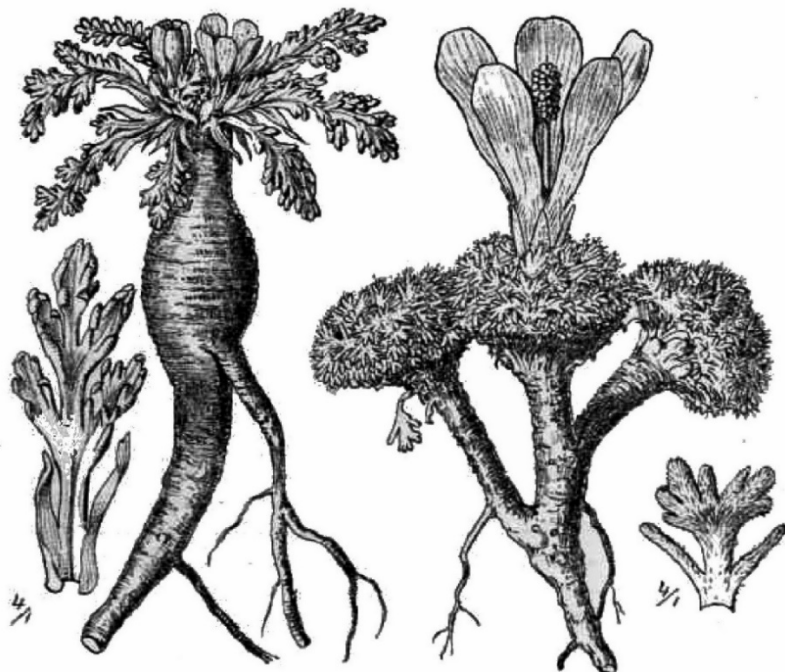


Fig. 66. *Nototriche longirostris* (stânga); *Nototriche macleanii* (dreapta) (Weberbauer, 1911)

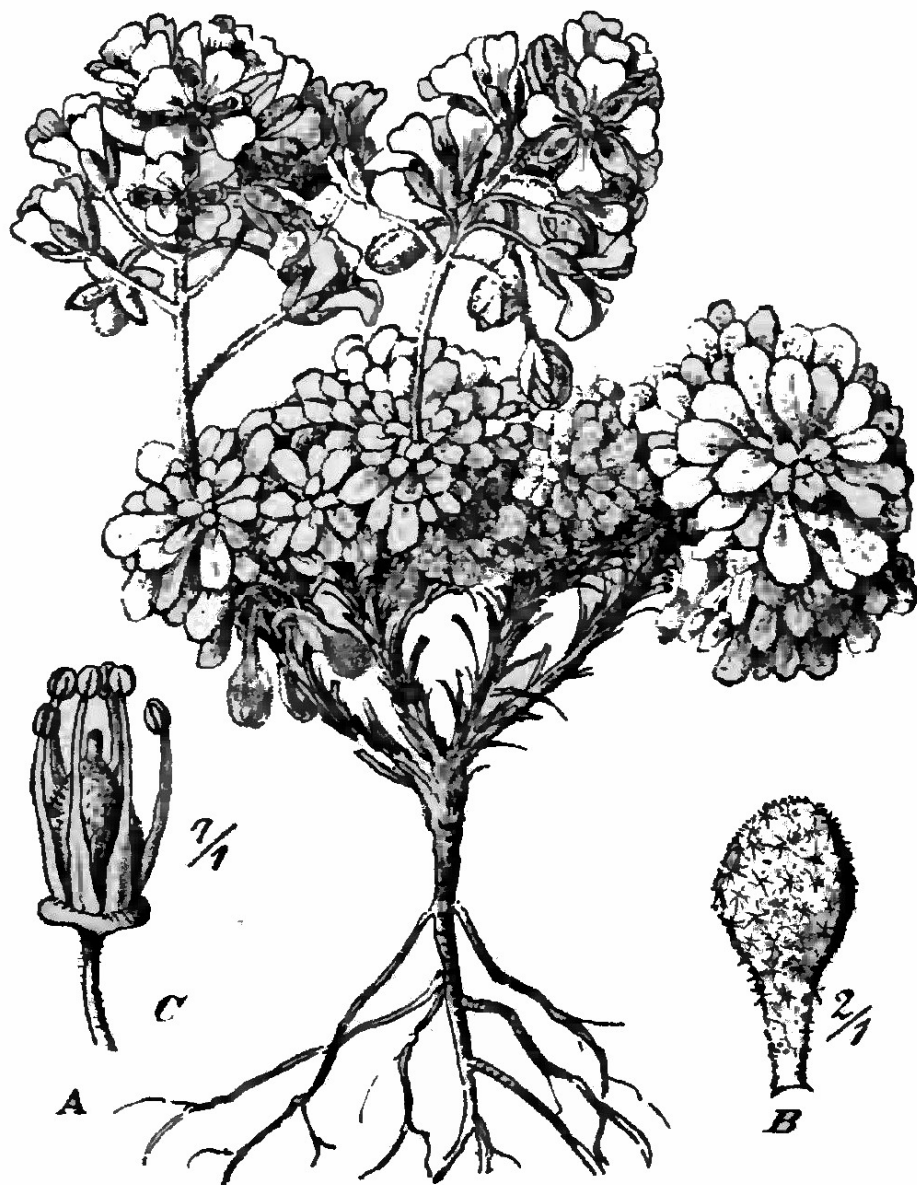


Fig. 67. *Draba pickeringii* (Weberbauer, 1911)

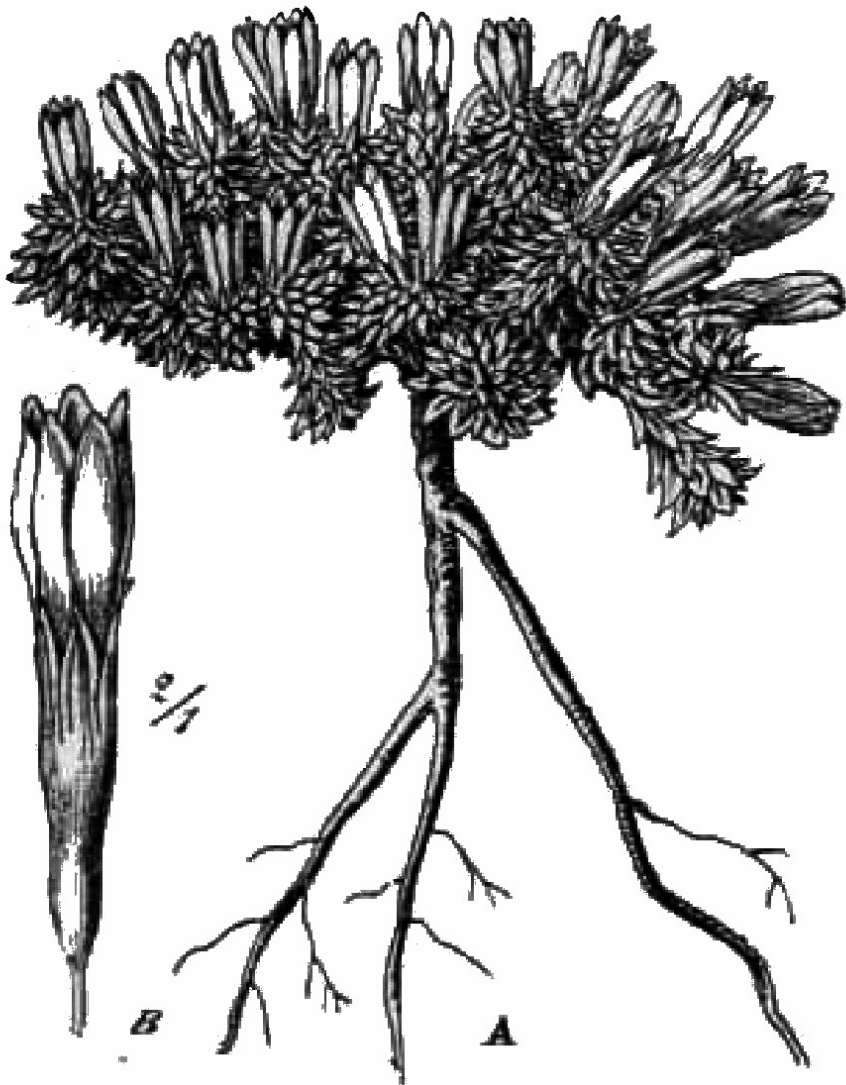


Fig. 68. *Gentiana sedifolia* (Weberbauer, 1911)

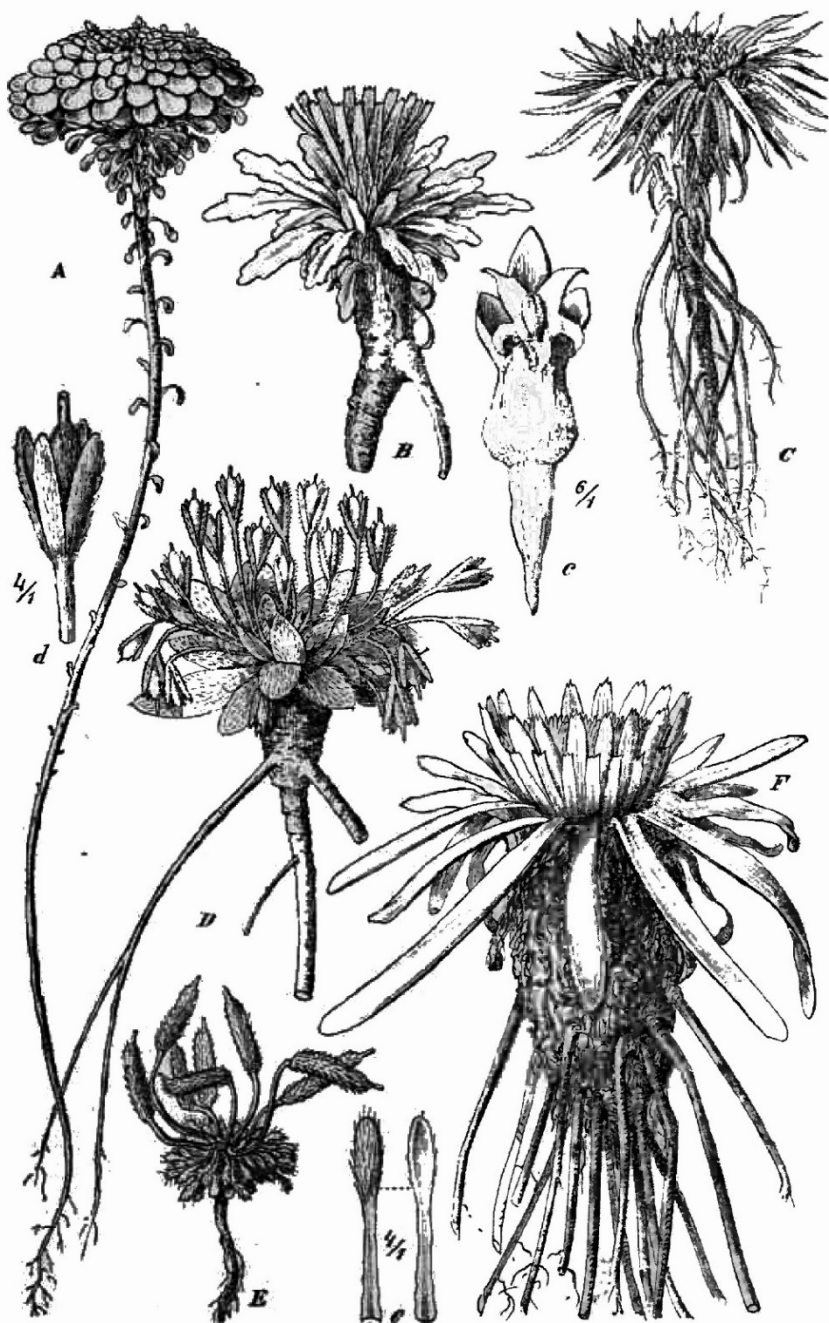


Fig. 69. A – *Viola replicata*; B – *Hypochoeris stenocephala*; C – *Lysipomia acaulis*; D – *Englerocharis peruviana*; E – *Brayopsis alpaminae*; F – *Werneria nubigena* (Weberbauer, 1911)

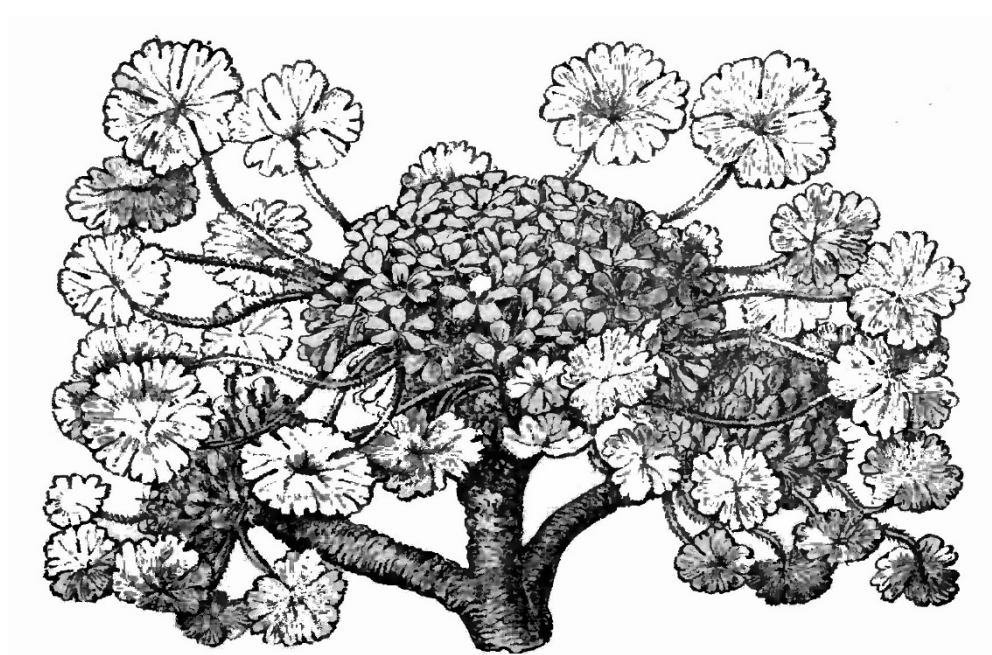


Fig. 70. *Geranium sessiliflorum*; se observă doar partea superioară a sistemului subteran (Weberbauer, 1911)



Fig. 71. *Lupinus microphyllus*; se observă doar partea superioară a sistemului subteran (Weberbauer, 1911)



Fig. 72. *Wahlenbergia peruviana*; se observă doar partea superioară a sistemului subteran (Weberbauer, 1911)



Fig. 73. *Brayopsis argentea* (stânga); *Plantago lamprophylla* (dreapta) (Weberbauer, 1911)

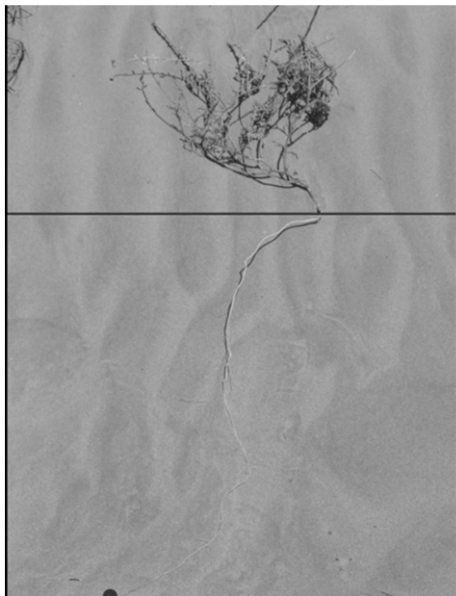


Fig. 74. Raportul lungimii rădăcină: parte aeriană la *Cakile maritima* (linia orizontală indică limita dintre rădăcină și partea aeriană; ca reper, punctul negru din partea de jos marchează vârful rădăcinii) (Grigore *et al.*, 2012)



Fig. 75. Raportul lungimii rădăcină: parte aeriană la *Salsola kali* (linia orizontală indică limita dintre rădăcină și partea aeriană; ca reper, punctele negre din partea de jos marchează partea terminală a rădăcinii – vârf și ramificații) (Grigore *et al.*, 2012)



Fig. 76. *Salsola kali*, specie de psamo-halofită, stadiu tânăr. Dezvoltarea părții subterane (radiculare), comparativ cu partea aeriană (original)

III. Adaptări speciale

În savanele tropicale, încălzirea puternică a straturilor superioare de sol în timpul sezonului uscat a adus în discuție originea plantelor lemnoase cu tulpini și/sau rădăcini subterane orizontale sau verticale. Unele dintre aceste plante iau aspectul unor „arbori subterani”, care prezintă doar niște lăstari relativ scurți, delicați, ce poartă frunze, și care se înalță deasupra solului. Așa este *Andira humilis* din Brazilia, studiată de Rawitscher și Rachid (1946). Plantele perene mici au tulpini subterane relativ mari, lemnoase, cum ar fi la *Xylopodia*, la suprafața sau în apropierea suprafeței solului, la *Jacaranda decurrens* și *Craniolaria integrifolia* (Rachid, 1947). Alte specii, precum *Cochlospermum insigne*, au rădăcini pivotante cărnoase care ating o adâncime de 1 metru (Rachid, 1946). *Scolymus hispanicus*, studiat de Birand (1939) în apropiere de Ankara, are o rădăcină succulentă similară. Birand descrie, de asemenea, modul în care sistemele radiculare ale diferitelor plante perene evită moartea prin pătrunderea lor adâncă, având rădăcini ramificate sau neramificate.

Plantele succulente care trăiesc subteran cu frunzele lor, care abia ating nivelul solului, includ *Lithops salicola* și *Nananthus vittatus*, studiate de Walter (1936). Rădăcinile acestor plantule apar la 3 până la 5 centimetri sub nivelul solului. Rizomii anumitor palmieri pitici din America de Sud aparținând acestui grup de plante subterane, precum *Acanthococos* sp., pot coborî, după germinare, la o adâncime de 50 de centimetri (Iljin, 1930).

Rizomul de la *Attalea exigua*, ale cărei frunze se înalță puțin deasupra solului, coboară chiar și până la 70 de centimetri. Specht și Rayson (1957) descriu adaptări similare pentru vegetația sclerofilă din Australia de Sud. În acest caz, caudexul de la *Xanthorrhoea australis* se găsește între 23 și 45 de centimetri sub suprafața solului, iar rizomii târători de *Thysanotus dichotomus*, la 15 centimetri. Aceste adaptări, ca și lignotuberculii succulenți studiați, printre alții, de Beadle (1948), sunt foarte importante în legătură cu incendiile care afectează multe zone tropicale și subtropicale. Organele subterane care stochează apă și rezerve nutritive, cu mugurii lor de regenerare, sunt situate suficient de adânc pentru a proteja aceste plante împotriva încălzirii intense cauzate de soare sau de foc. Astfel, aceste pirofite scapă de distrugere, în timp ce alte specii, fără astfel de muguri persistenți sub pământ, sunt aproape, fără excepție, distruse.

În Brazilia, aceste pirofite, vegetând în *campos cerrados* din Sao Paulo, par să fi migrat din interiorul mai uscat al continentului, după distrugerea pădurii primitive care a început deja în vremurile precolumbiene. Prezența organelor subterane de stocare a apei la multe specii din „veldul” sud-african a fost subliniată de Henrici (1927), care vorbește despre o „dezvoltare extraordinară a sistemului radicular de stocare a apei, ca tulpini și rădăcini subterane”. Printre aceste plante, Walter (1939) a investigat pe *Pachypodium succulentum* și *Kleinia radicans*, ambele posedând tuberculi subterani pentru menținerea echilibrului lor hidric. Pentru America de Sud, o descriere excelentă a plantelor cu tulpini sau rădăcini subterane succulente

a fost oferită de Cabrera (1955). Acest autor a descris noi specii vegetând în *puna* uscată, la est de Cordillera: *Perezia burckartii* cu o rădăcină napiformă, cu rol de stocare a apei și un raport parte aeriană/rădăcină foarte scăzut; *Trichocline macrorrhiza*, lipsită de tulpină, cu rădăcină groasă, în formă de fus, și *Porophyllum eremophilum*, un arbust pitic cu rădăcină groasă și lemnoasă (Cabrera, 1949). Acestea sunt completări relativ moderne la cunoștințele despre deșerturile montane înalte andine pe care A. V. Humboldt (1817) le-a numit „*asperimae solitudines, tempestatum vicissitudinibus mire obnoxiae*” („deșerturi aspre, supuse în chip de mirare vicisitudinilor vremii”).

În savană, arborii sunt limitați la locurile cu regimuri de umiditate mai favorabile și sunt adesea asociați cu soluri mai adânci sau zone în care hardpanul prezintă suficiente fisuri pentru ca rădăcinile lor să ajungă la apa subterană. Majoritatea arborilor și arbuștilor sunt veșnic verzi, cu frunze sclerofile destul de mari, dar, pe măsură ce condițiile devin mai uscate, există o scădere corespunzătoare a dimensiunii frunzelor, iar speciile cu frunze căzătoare devin mai frecvente. La speciile semi-lemnoase, precum *Cochlospermum insignis*, *Craniolaria integrifolia* și palmierul pitic *Attalea exigua*, părțile aeriene mor la sfârșitul sezonului de vegetație și o nouă creștere este asigurată de organele subterane lemnoase sau xilopodii (Fig. 77).

În mod similar, majoritatea gramineelor și speciilor erbacee perene sunt criptofite sau hemicriptofite și o mare parte din biomasa lor este concentrată în mediul subteran.

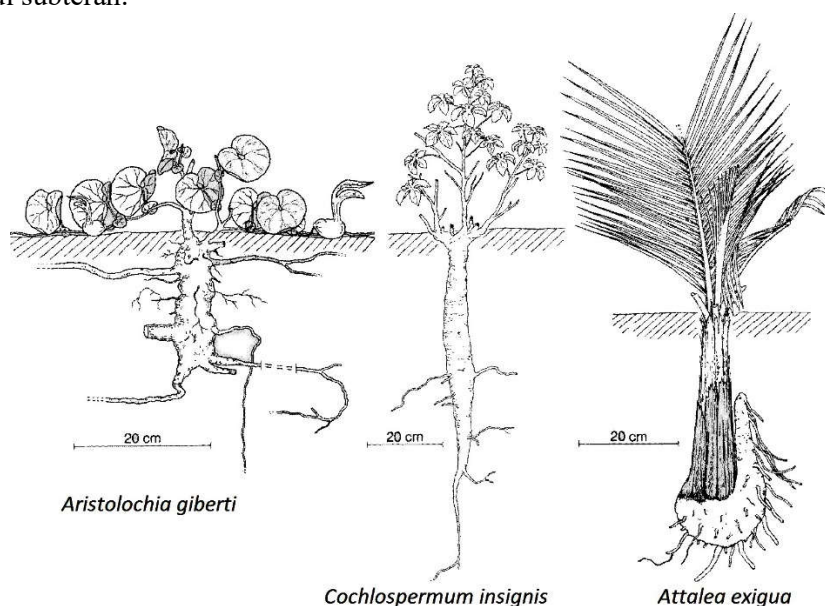


Fig. 77. Dezvoltarea caracteristică a xilopodiilor subterane la speciile lemnoase rezistente la secetă din savanele din sudul Braziliei (Rawitscher, 1948)

IV. Rădăcini acvifere (cu rol în stocarea apei) și care depozitează substanțe de rezervă

Unele plante au rădăcini modificate care sunt folosite pentru a depozita atât substanțe de rezervă, cât și apă (Fig. 78). De exemplu, partea aeriană a cactusului *Wilcoxia poselgeri* este mică în raport cu dimensiunea rădăcinilor tuberizate care stochează substanțe de rezervă și apă. Cactusul *Peniocereus* prezintă rădăcini tuberizate acvifere care cântăresc până la 20 de kilograme.

Ceiba parvifolia, care crește în Mexic, are rădăcini tuberizate, fasciculate, ce pot cântări 4-5 kg, care acumulează apă în țesutul spongios radicular, fiind consumate de populația locală în stare crudă, ca sursă de apă. Datorită rezervei de apă, planta poate înflori în perioadele secetoase, când alte specii sunt dormande.

Annona are o rădăcină mare, de peste 1 metru în diametru; dacă partea supraterană moare, rădăcina poate genera lăstari noi.

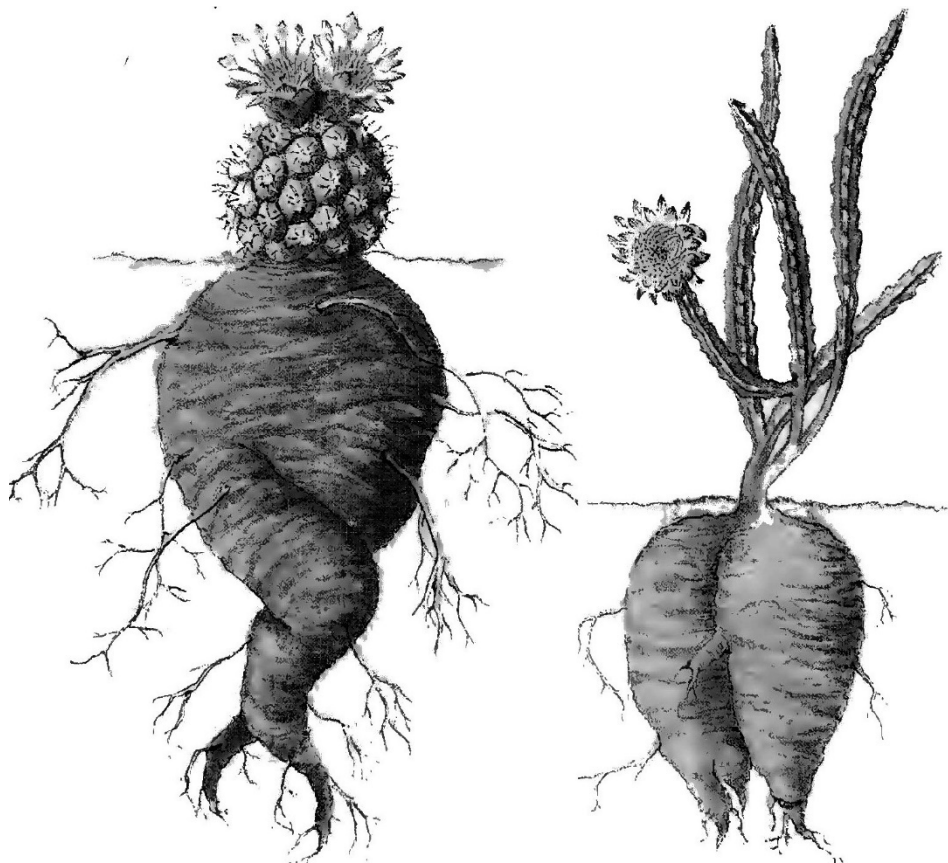


Fig. 78. Rădăcini acvifere (depozitează apă) – *Neoporteria napina* (stânga); *Wilcoxia poselgeri* – dreapta (Reading, 1990)

Lewisia rediviva este o plantă perenă, acaulă (lipsită de tulpină), succulentă, cu rădăcină tuberizată (Fig. 79), cu rol în acumularea substanțelor de rezervă, ce vegetează în habitatele aride montane din California; rădăcinile acestei plante erau consumate de comunitățile de indigeni (indieni).



Fig. 79. *Lewisia rediviva* (Harshberger, 1911)

V. Interacțiuni ale sistemelor radiculare la plantele de deșert

În deșert, adesea, forma sistemelor radiculare și modul în care acestea interacționează, între specii diferite, influențează în mod direct și gradul de acoperire a vegetației. Se știe că mai multe deșerturi sunt caracterizate de o vegetație foarte deschisă. Shreve (1942) a raportat că gradul de acoperire a plantelor în deșerturile nord-americane variază de la 8% la 15% pe suprafețele cu vegetație simplă, acolo

unde specii precum *Larrea tridentata* și *Artemisia tridentata* sunt adesea singurele specii dominante. Pe suprafețele cu tipuri de vegetație mixtă, formate din 4-12 plante perene dominante, acoperirea crește la 15-30%, iar în zonele diferite din punct de vedere floristic, acoperirea este de până la 30-60%. Shreve (1942) a presupus că o distanță regulată între plantele dominante este necesară pentru a reduce competiția rădăcinilor; pot exista însă și alte specii, deoarece modurile lor de înrădăcinare diferă de cele ale speciilor dominante. Yeaton *et al.* (1977) au demonstrat astfel de interacțiuni competitive între specii într-o comunitate de *Larrea tridentata* din Arizona. Rădăcinile speciilor *Opuntia fulgida* și *Franseria deltoidea* sunt separate vertical în sol, dar se suprapun parțial cu cele ale speciei *L. tridentata* (Fig. 80). În consecință, structura comunității a fost determinată de densitatea și distribuția speciei *L. tridentata* care a reprezentat 69% din acoperirea suprafeței cu vegetație.

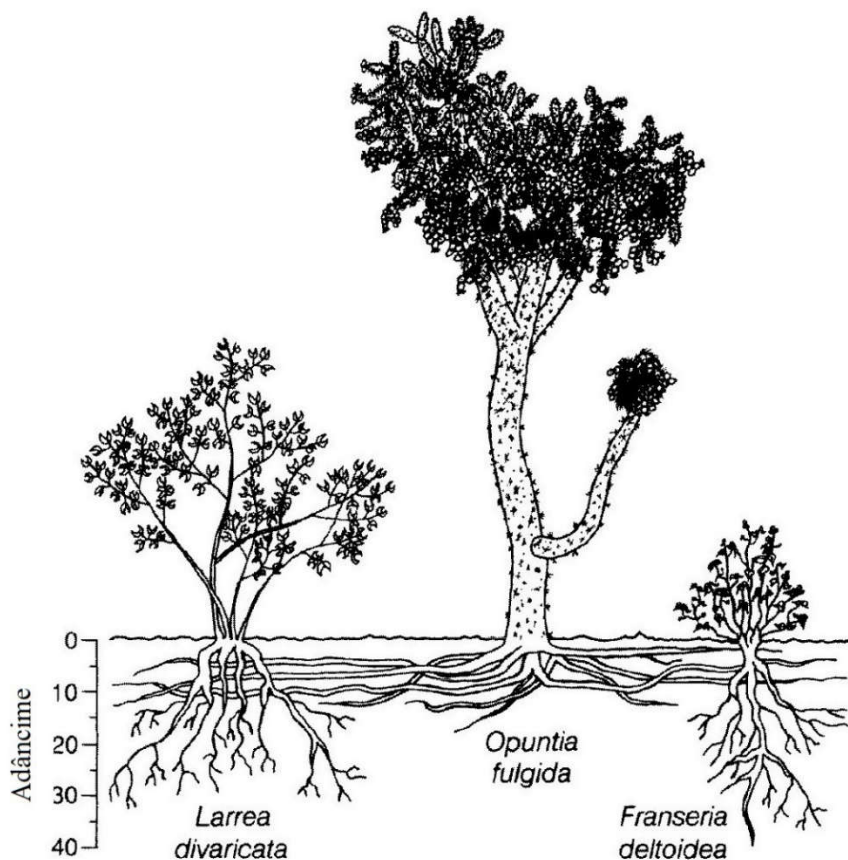


Fig. 80. Diferențierea verticală a sistemelor radiculare la *Larrea tridentata*, *Franseria deltoidea* și *Opuntia fulgida* (Yeaton *et al.*, 1977)

B. Rădăcinile aeriene – cazul epifitelor

Epifitele sunt plante care germinează și cresc pe alte plante, fără a obține însă hrană de la acestea (de la plantele suport); prin aceasta, se deosebesc de plantele parazite, cu care sunt adesea confundate. Definiția epifitelor, dar mai ales clasificarea ecologică a acestora, nu sunt întotdeauna facile; există mai multe sisteme de clasificare a epifitelor. Abordarea biologică a epifitelor este complicată.

Discuția de față se referă la rădăcinile aeriene ale epifitelor, dar, în rândurile următoare, sunt redată mai multe informații referitoare la epifite, ca grup ecologic, pentru a nu fragmenta biologia speciilor aparținând acestui grup, și pentru a avea o imagine ecologică de ansamblu asupra adaptărilor morfologice ale epifitelor, intim legate de pădurile tropicale. Prin urmare, unele aspecte fac trimitere, printre altele, și la tulpină sau frunze.

După cum spuneam, o caracteristică specială a epifitelor sunt rădăcinile aeriene, adventive ca origine, și care joacă rol în absorbția apei (cel mai adesea, sub formă de vapori) (Fig. 26, 81, 82, 83) și, uneori, în asimilația fotosintetică (Fig. 27).

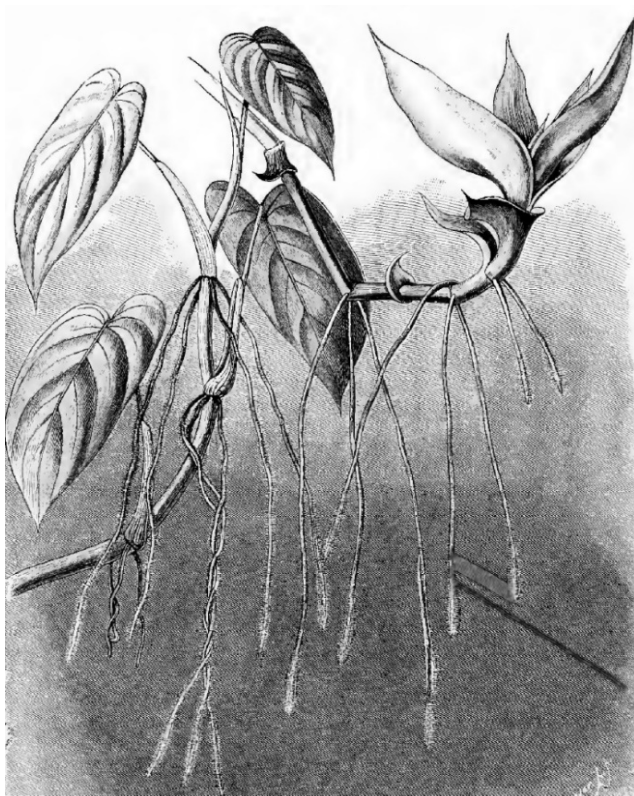


Fig. 81. Rădăcini aeriene cu peri absorbanți; în stânga, *Philodendron lindenii*, în dreapta, *Campelia zanonii* (von Marilaun, 1902)

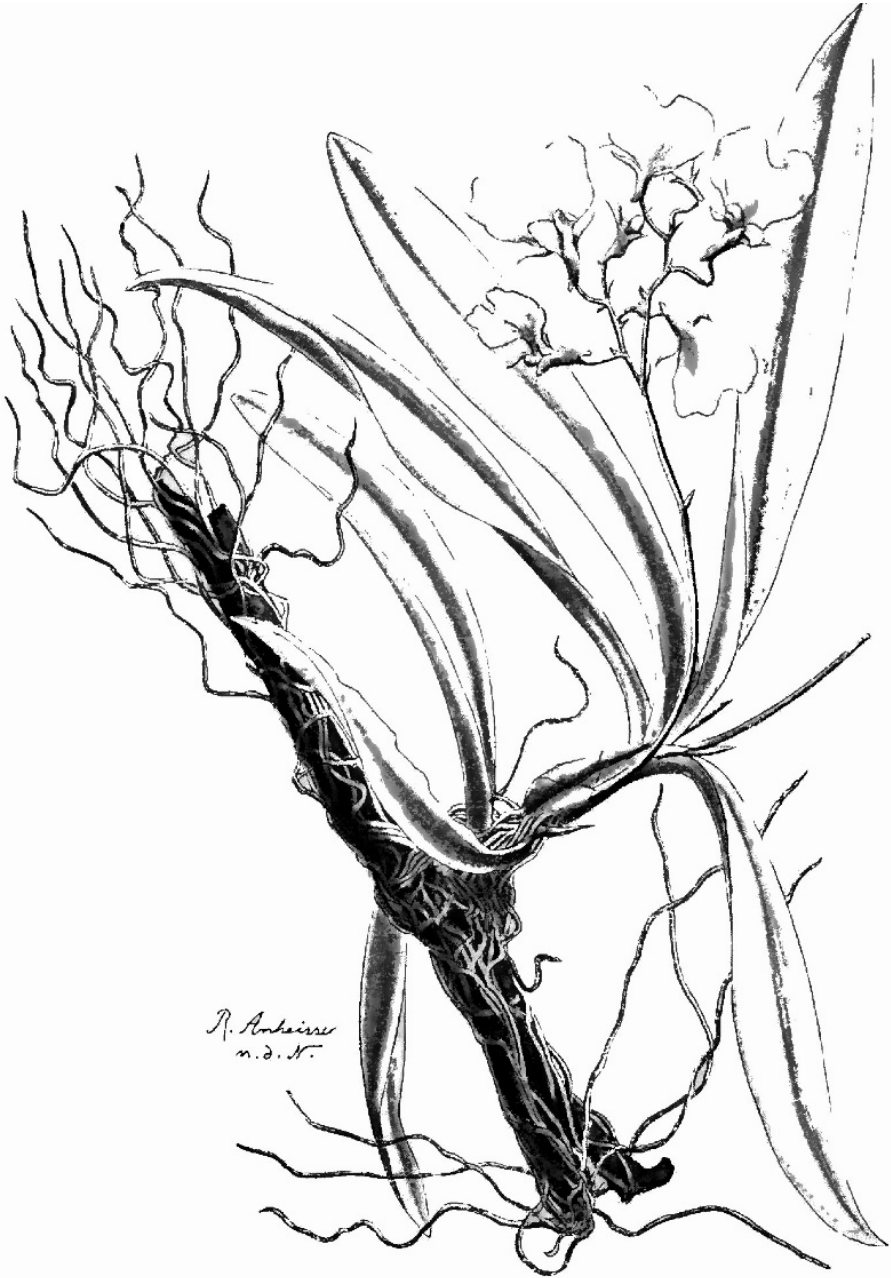


Fig. 82. *Ionopsis* sp., epifită pe o ramură de portocal (Schimper, 1903)

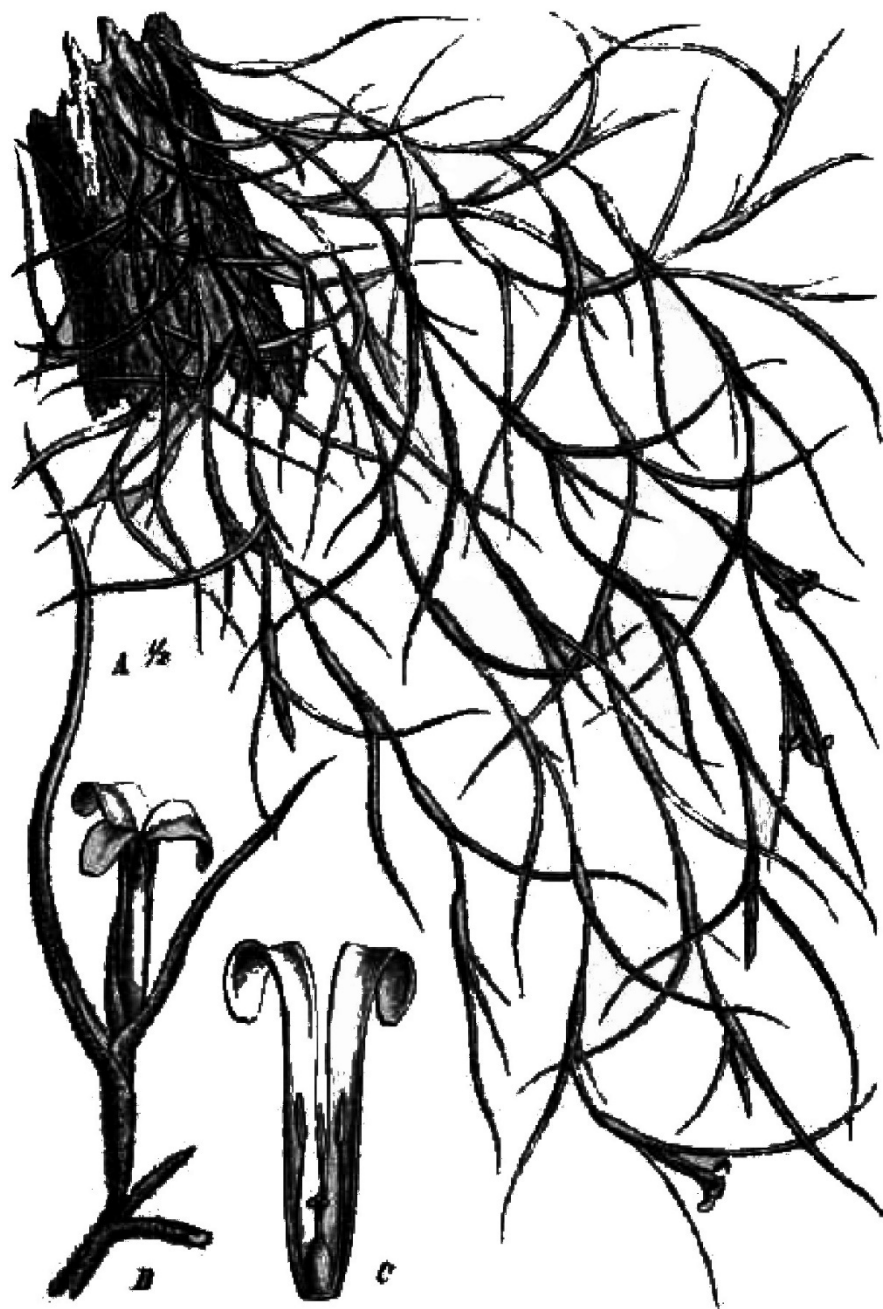


Fig. 83. *Tillandsia usneoides*, epifită bromeliacee pe arbori și arbuști din câmpiile subtropicale de coastă din Virginia până în Texas și în America Centrală (Harshberger, 1911)

Epifite din pădurea tropicală

În pădurile tropicale, epifitele contribuie la fizionomia caracteristică a acestora, într-un grad și mai mare decât lianele. Pe trunchiurile arborilor și pe ramurile lor, până la vârf, se găsește o mare diversitate de fanerogame și ferigi, nu numai ierboase, ci și arbuști și chiar arbori (Fig. 84, 85); în habitatele din Europa, doar mușchii, lichenii și algele mici pot crește în astfel de situații.



Fig. 84. Ramură oblică de arbore – cu epifite. De la dreapta la stânga: deasupra – *Philodendron cannifolium*; jos, pendent, *Codonanthe devosiana*; deasupra, *Ficus* sp. (arborescent), *Vriesea*; *Anthurium* sp., *Rhipsalis* două specii (Schimper, 1903)



Fig. 85. Trunchi de arbore cu epifite, Blumenau, Brazilia. Jos: *Vriesea*. Mai sus: *Rhipsalis* sp. În dreapta: rădăcini aeriene sub formă de funie (rădăcini absorbante) la *Philodendron* sp.; la stânga: o tulpină de liană oblic ascendentă (Schimper, 1903)

Locurile ocupate de epifite par în general puțin potrivite pentru a hrăni plantele mari.

Epifitele sunt, totuși, frecvent întâlnite pe „scoarța” foarte aspră a arborilor, în hățișurile ramurilor unde s-a colectat humus, la bazele frunzelor persistente sub formă de buzunar ale palmierilor și în alte poziții asemănătoare. Multe dintre ele apar în principal pe suprafețe destul de netede, cum ar fi tulpinile în formă de catarg ale multor palmieri, pe tulpinile și mai netede de bambus, și, de asemenea, pe frunzele lucioase. Mănunchiurile de *Tillandsia usneoides*, lungi de câțiva metri, se întind fără rădăcini și fără niciun atașament, aruncate, parcă, pe capetele ramurilor.

Clasificarea epifitelor este complicată, deoarece se bazează pe mai mulți parametri (vezi Benzing, 1990). După modul lor de viață, epifitele pot fi clasificate în patru grupuri (Schimper, 1903):

1. Proto-epifite. Acesta este un grup foarte puțin omogen și include specii care sunt obligate să dobândească hrană de la suprafața structurii de susținere și din aprovizionări directe, din surse atmosferice.

2. Hemi (semi)-epifite. Acestea sunt epifite care germinează și își derulează etapele cele mai timpurii ale dezvoltării pe arbori, dar ulterior devin conectate cu pământul prin rădăcini aeriene, astfel încât, în ceea ce privește nutriția lor, sunt supuse acelorași condiții ca și plantele terestre, în special ca lianele care se ridică pe rădăcini.

3. Epifite de tip „cuib”. Acest grup este compus din specii care, prin dispozitive adecvate, colectează cantități mari de humus și apă.

4. Epifite de tip „rezervor”. La acestea, sistemul radicular este dezvoltat doar ca un aparat de ancorare, sau dispare în întregime, astfel încât întregul proces de nutriție este asigurat de activitatea frunzelor. Bromeliaceele epifite, cel puțin la tropice, sunt singurele reprezentante ale acestui grup.

Proto-epifitele sunt adesea lipsite de caracteristici adaptative tipice. Astfel, de exemplu, ferigile mici care cresc pe „scoarța” umedă, fisurată, a arborilor, nu diferă în niciun fel de cele de pe pământ. În general, totuși, chiar și ferigile din acest grup se deosebesc de plantele terestre înrudite ale pădurilor tropicale veșnic verzi, prin caracterul lor evident xerofil, explicat prin aprovizionarea neregulată și redusă cu apă din substratul lor. Epifitele pădurii umede prezintă dispozitive de protecție împotriva pierderii apei prin transpirație, asemănătoare cu cele obișnuite, întâlnite la plantele care vegetează în habitatele uscate fiziologic. O astfel de protecție în acest caz este foarte rar asigurată de peri (trichomi), mult mai frecvent însă de o cuticulă foarte groasă și de o afundare a stomatelor în depresiuni în formă de pâlnie, dar, cel mai adesea, totuși, prin dispozitive de stocare a apei, care, uneori, se găsește în exces din cauza ploii, iar, alteori, este foarte puțină. Astfel de rezervoare de apă pot fi dezvoltate sub forma unui țesut acvifer masiv în frunze, care apar din acest motiv remarcabil de groase și succulente, ca la *Peperomia*, specii de *Aeschynanthus* și alte specii de *Gesneriaceae*, multe specii de *Asclepiadaceae*, sau sub forma a numeroase traheide acvifere, prezente în frunzele multor orhidee; uneori, organe speciale ale

plantelor sunt transformate în rezervoare de apă. Astfel sunt structurile asemănătoare tuberculilor pe care le posedă multe epifite – de exemplu numeroase orhidee – deși nu toate –, multe specii de *Ericaceae*, *Utriculariaceae*, specii de *Ficus* în stadiu tânăr (Fig. 86), de asemenea pețiolii umflați în formă de fus de la *Philodendron canifolium*; frunzele mai bătrâne, gălbui, foarte îngroșate, ale speciilor de *Peperomia* și din familia *Gesneraceae* aprovizionează cu apă plantele cărora le aparțin, astfel încât, după cum s-a dovedit experimental, ele se dezvoltă și fără să primească apă din exterior atâta timp cât această aprovizionare este disponibilă, dar se ofilesc rapid ori de câte ori rezerva de apă foliară este epuizată.



Fig. 86. *Ficus* sp., epifită, cu rădăcină tuberizată (Schimper, 1903)

În timp ce rădăcinile multor proto-epifite nu diferă esențial de cele ale plantelor terestre, altele sunt prevăzute cu un mecanism prin care fiecare picătură de apă care cade este absorbită imediat. Aceasta are loc prin intermediul velamenului, un țesut care acoperă rădăcinile aproape tuturor orhideelor epifite (Fig. 87) și ale anumitor specii epifite din familia *Araceae*. Celulele acestui țesut, care este de obicei compus din mai multe straturi de celule, seamănă cu traheidele, sunt prevăzute cu benzi spiralate, iar, pe vreme uscată, conțin aer. Ele sunt delimitate în interior de o endodermă (exodermă), la nivelul căreia unele celule sunt diferențiate sub formă de celule de pasaj. Dacă apa ajunge la rădăcină, este absorbită de velamen ca printr-o sugativă și umple cavitățile celulelor, apoi trece mai lent prin celulele de pasaj în interiorul rădăcinii.

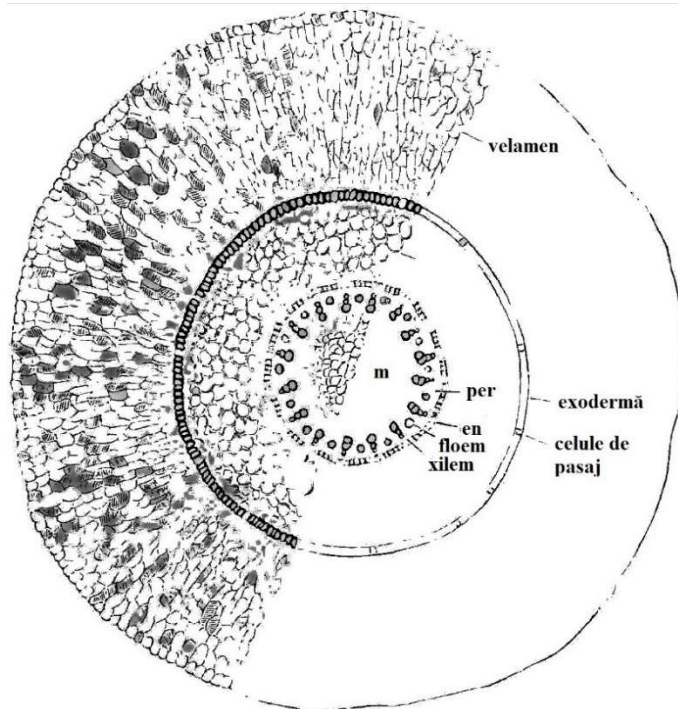


Fig. 87. *Dendrobium nobile* – secțiune transversală prin rădăcina aeriană (per – periciclu; en – endodermă) (Schimper, 1903)

Rădăcinile epifitelor din acest grup sunt, în cea mai mare parte, expuse la lumină și, în consecință, conțin adesea clorofilă (vezi Fig. 27). Această împrejurare a determinat una dintre cele mai deosebite trăsături adaptative în rândul epifitelor, și anume diferențierea sistemului radicular ca unic organ de asimilare, în paralel cu atrofierea frunzelor. Astfel de rădăcini asimilatoare fie se întind de-a lungul „scoarței”, fie atârnă liber în aer; acestea sunt, în multe cazuri, dorsi-ventrale (Fig. 26) și, pentru a permite schimbul de gaze, sunt întotdeauna prevăzute cu zone permeabile care lipsesc din rădăcinile cu funcție asimilatoare redusă de la alte orhidee.

Hemi-epifitele includ, în principal, forme foarte mari, parțial arborescente, cum ar fi specii de *Ficus*, de *Clusia* și *Carludovica*, dar și genuri de *Philodendron* și *Anthurium* din familia *Araceae*. La început, hemi-epifitele se comportă ca unele proto-epifite și dezvoltă rezervoare similare de apă. Rădăcinile lor sunt de un singur fel și toate servesc ca organe de ancorare și absorbție. Mai târziu, la fel ca la specii cu rădăcini agățătoare din familia *Araceae*, se stabilește o diferențiere accentuată: a rădăcinilor scurte, cu rol în ancorare, și a rădăcinilor absorbante lungi; rădăcinile absorbante coboară către sol, astfel încât epifita, deși așezată sus, pe un arbore, se

aseamăna totuși cu o plantă terestră în ceea ce privește absorbția de nutrienți. Multe epifite din acest grup, precum *Carhuvica plumieri* și mai multe specii de *Araceae* sunt în același timp liane; pe de altă parte, există și liane care germinează în sol, dar tulpinile lor mor treptat de jos în sus, astfel încât, în stadiile lor ulterioare, ele supraviețuiesc la fel ca hemi-epifitele. Acestea au fost denumite *pseudo-epifite*.

Cele mai mari dintre hemi-epifitele de la cele două tropice sunt specii aparținând genului *Ficus*. Uriașul ficus bengalez, *Ficus benghalensis* (Fig. 88), din zona Indiei de Est, are aspectul unei imense săli vii cu coloane, constând dintr-un baldachin de frunze, plat, extins, și numeroase rădăcini proptitoare, asemănătoare tulpinii, care cresc din ramurile arborelui. La fel ca toate hemi-epifitele, ficusul bengalez germinează pe creanga unui arbore și, la început, are la dispoziție doar substanțe nutritive care se găsesc pe scoarța ramurii de susținere. Când, totuși, la un moment dat, rădăcinile sale absorbante sunt dezvoltate, arborele-suport moare în curând la umbra „oaspetelui” său care crește rapid, astfel încât, fără cunoașterea dezvoltării ficusului bengalez, prezența anterioară a gazdei sale ar fi greu de presupus.



Fig. 88. *Ficus benghalensis* (Schimper, 1903)

Epifitele de tip „cuib”. La acestea, colectarea humusului are loc în diferite moduri. Uneori, rădăcinile se împletesc formând un cadru mare, asemănător unui burete, care reține frunzele care cad și alte materiale vegetale, chiar și după descompunerea lor, ca la multe orhidee (Fig. 89); uneori, frunzele epifitei, dispuse într-o rozetă, se înclină împreună dedesubt pentru a forma un fel de pânză, ca la

Asplenium nidus (Fig. 90) – plantă ce poate atinge dimensiuni foarte mari – și multe alte ferigi, dar și la *Anthurium hügeli* din India de Vest, un aroid care seamănă foarte mult la aspect cu ferigile.



Fig. 89. *Grammatophyllum speciosum* (fam. *Orchidaceae*). Epifită de tip „cuib”, considerată cea mai mare orhidee din lume, cu rădăcini geotrope negativ – Kebun Raya Bogor – Grădina botanică din Bogor, Indonezia (foto – TropenMuseum)



Fig. 90. *Asplenium nidus* (*nidus*, lat. – cuib) (Schimper, 1903)

Chiar și în aceste cazuri, în special la *Anthurium hügeli* și la orhidee, există de obicei o diferențiere a sistemului radicular, deoarece unele dintre rădăcinile care nu sunt geotrope, și sunt foarte puternic construite, contribuie în esență la formarea unui cadru sau acționează ca rădăcini de ancorare, în timp ce numeroase rădăcini subțiri, laterale, cresc vertical în sus. Spre deosebire de aproape toate celelalte forme de rădăcini, aceste rădăcini subțiri sunt negativ geotrope, iar acest lucru este legat din punct de vedere ecologic de faptul că substanțele nutritive, în special apa, vin de sus, și nu de jos.

În alte cazuri, fie toate frunzele, fie doar unele dintre ele ajung să formeze „buzunare”, deoarece iau o anumită poziție față de tulpină, încât să constituie cu aceasta un fel de recipient în care se poate acumula humus. Fie fiecare frunză formează singură un buzunar, fie mai multe frunze iau parte la formarea unui buzunar general. La multe specii a apărut o diferențiere între frunzele care formează buzunar, care îndeplinesc funcția de asimilare doar într-o măsură secundară și pentru scurt timp, și frunze asimilatoare care prezintă alte caractere. Cele mai remarcabile exemple de frunze de tip buzunar apar la specii ale genului de ferigă *Platyserium* (Fig. 91, 92, 93), în care frunzele sunt sesile și late, sunt aplicate îndeaproape dedesubt, pe ritidoma („scoarța”) arborelui, și formează un buzunar deasupra, în timp ce frunzele petiolate, înguste, dihotomice, atârnă lejer în jos.

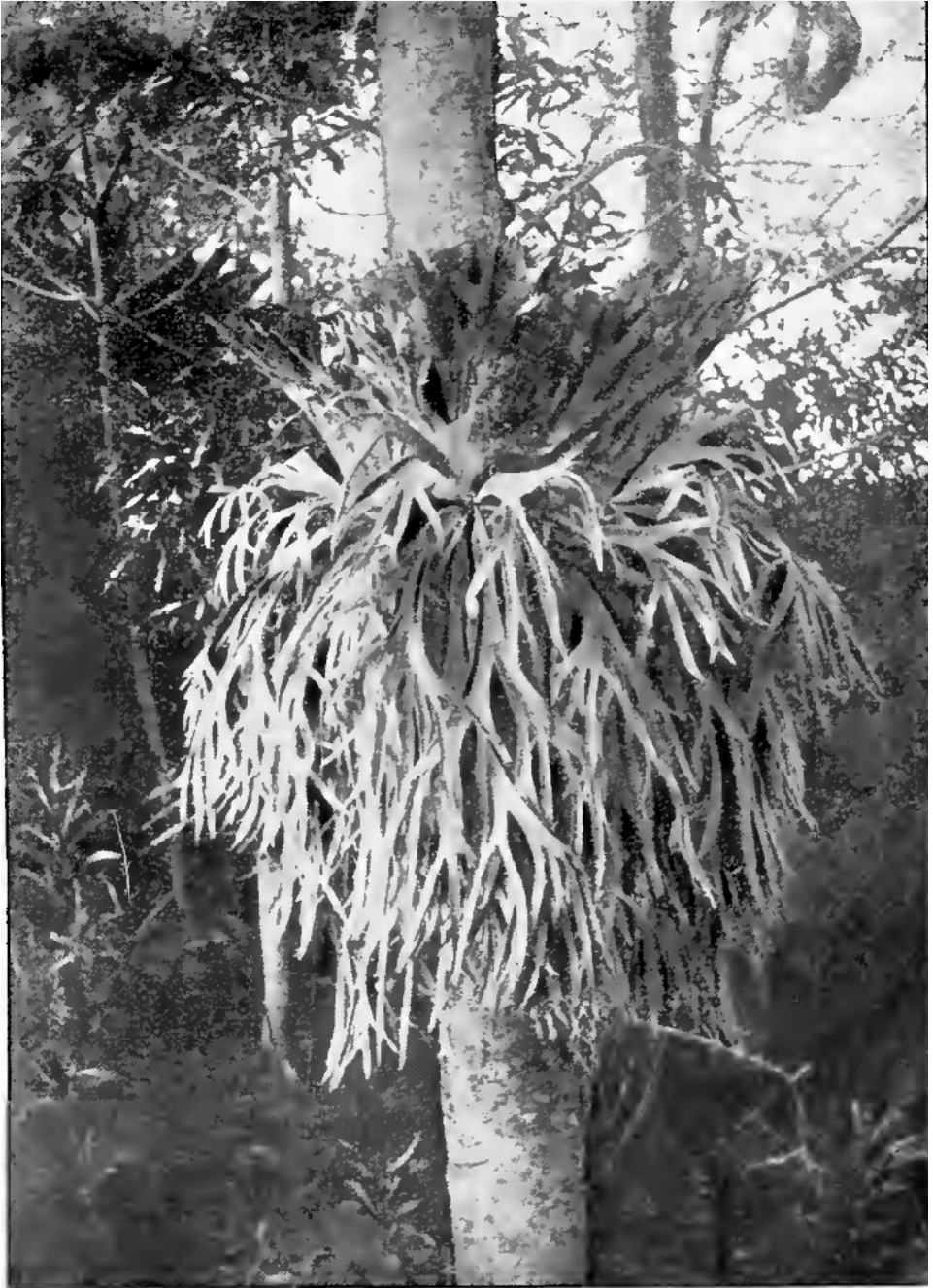


Fig. 91. *Platycerium grande* (Schimper, 1903)

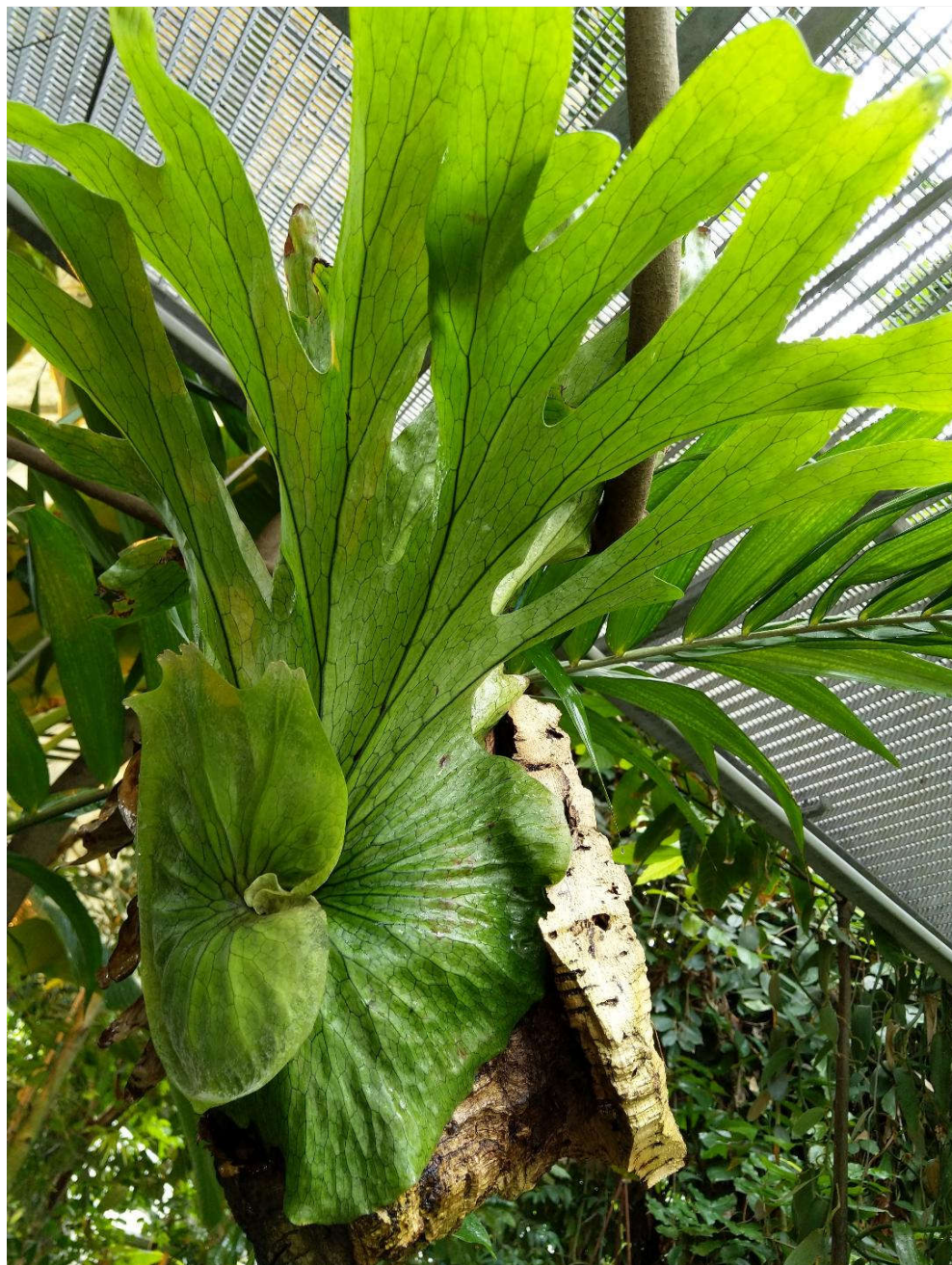


Fig. 92. *Platycerium* sp. – Grădina Botanică din Padova (original)

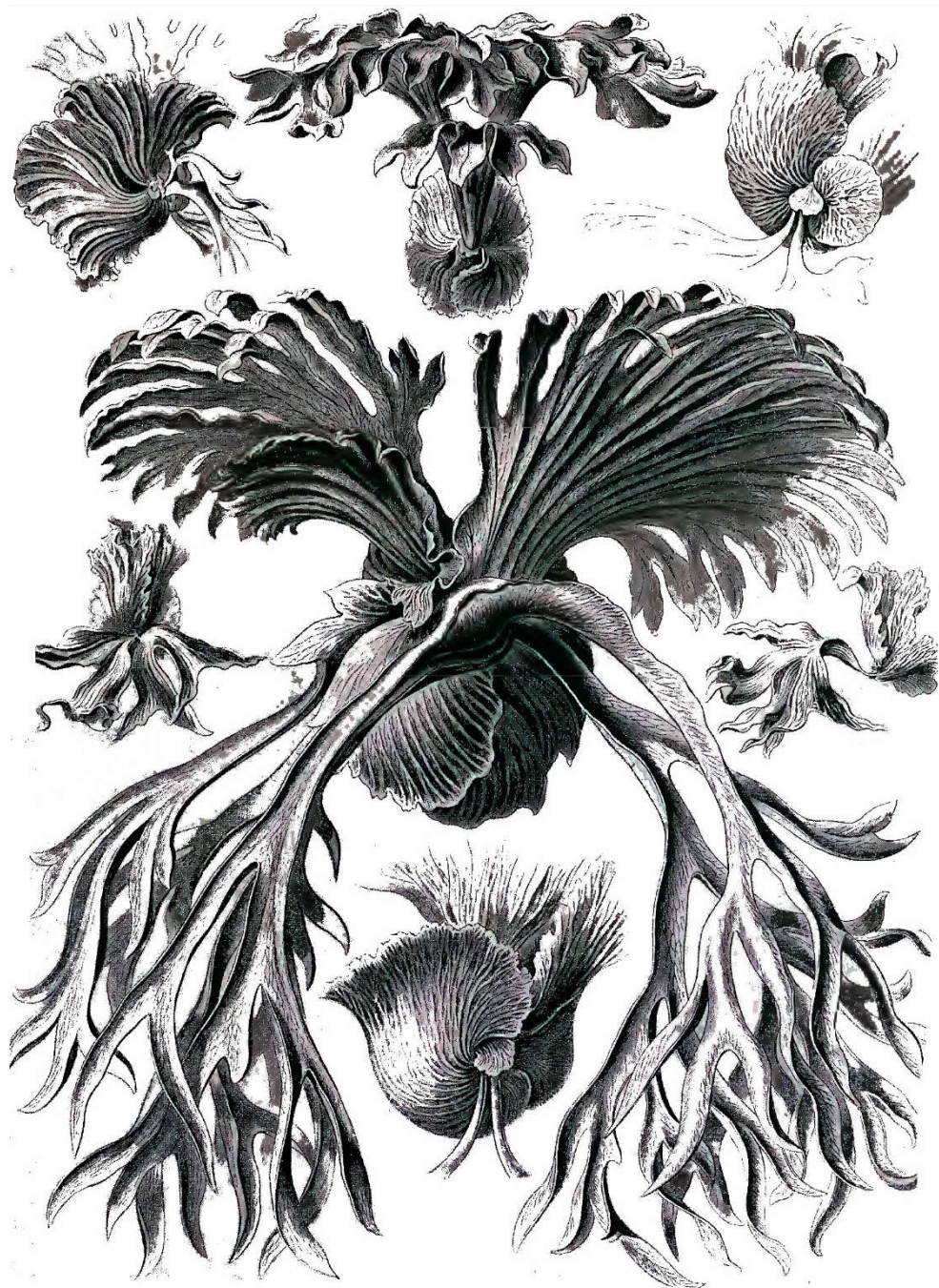


Fig. 93. *Platycerium grande* (Haeckel, 1899)

Epifitele de tip „rezervor”. Bromeliaceele epifite, care aparțin în special genurilor *Tillandsia*, *Vriesea*, *Aechmea* și *Nidularium*, posedă, în majoritatea cazurilor, lăstari vegetativi asemănători unei rozete, ale căror frunze rigide sunt lărgite dedesubt ca niște linguri și sunt atât de strâns între ele, încât colectează apa de ploaie, sub forma unor rezervoare etanșe; în plus, ca și frunzele mai puțin compacte ale epifitelor de tip „cuib”, ele conțin mai multe tipuri de detritus de origine minerală, vegetală și animală, iar acest substrat formează un substrat nutritiv fertil. Rozetele frunzelor se formează dintr-un sistem scurt și noduros de axe fixate de substrat prin rădăcini scurte și subțiri, foarte puternice (Fig. 94).



Fig. 94. *Nidularium innocentii*, epifită de tip rezervor din Brazilia (Schimper, 1903)

Rădăcinile constau aproape exclusiv din fibre cu pereți groși ce nu participă la nutriție, așa cum s-a dovedit experimental. Absorbția nutrienților are loc în întregime prin frunze, prin intermediul unor peri solziformi peltați, care sunt situați în special pe baza dilatată a frunzei care se află de obicei expusă la contactul cu apa.

În cadrul acestui tip, care este reprezentant într-o formă pură în special de specii de *Vriesea*, *Aechmea* și *Nidularium*, apar unele abateri minore, la multe specii de *Tillandsia*, în special *Tillandsia usneoides*. Aceasta este cea mai remarcabilă dintre toate epifitele, care acoperă, adesea complet, arborii din America tropicală și subtropicală și constă din lăstari de multe ori mai lungi de un metru, foarte subțiri și cu frunze înguste asemănătoare gramineelor și care numai în stadiu tânăr sunt fixați pe suprafața plantei-suport prin rădăcini firave care se usucă devreme. Plantele din genul *Tillandsia* își datorează atașarea faptului că părțile bazale ale axelor se împletesc în jurul ramurilor gazdei. Lăstarii sunt acoperiți peste tot cu peri solziformi, care, ca structură și comportament, seamănă cu cele ai altor bromeliacee. Răspândirea plantei are loc mai puțin prin semințe decât prin mijloace vegetative, prin transportul lăstarilor ruși sub acțiunea vântului, sau cu ajutorul păsărilor, care folosesc cu ușurință fragmentele la construirea cuiburilor.

C. Rădăcinile plantelor acvatice

Rădăcinile unora dintre plantele acvatice mai specializate sunt extrem de reduse sau, în unele cazuri, chiar complet absente, de exemplu, la *Ceratophyllum* (Fig. 95), *Aldrovanda* (Fig. 96), *Utricularia* (Fig. 97; a se vedea și Fig. 135c), *Wolffia* (Fig. 98B; 103A), *Pseudowolffia* (Fig. 98A), *Wolffiella* (Fig. 98C), *Wolffiopsis* (Fig. 98D); lipsa rădăcinilor la ultimele patru genuri menționate reprezintă un caracter de diagnoză.

În alte cazuri, cum ar fi la *Nymphaea*, deși rădăcina primară este de scurtă durată, se poate dezvolta un sistem considerabil de rădăcini adventive. Printre plantele acvatice, absorbția de către rădăcini nu are nicidecum o importanță atât de neglijabilă, așa cum se poate crede; dar, în același timp, când plantele înrădăcinate pe fundul apei sunt comparate cu acele plante erbacee terestre cu care se aseamănă cel mai mult ca mărime și aspect, devine clar că, la rădăcinile plantelor acvatice, funcția de ancorare și-a asumat o importanță mai mare, în timp ce funcția de absorbție este mai puțin importantă.

Rădăcinile plantelor acvatice pot suferi diverse modificări, ca răspuns la condițiile de inundare (hipoxie, anoxie). Printre acestea, se numără dezvoltarea rădăcinilor adventive și înrădăcinirea superficială. La plantele lemnoase, alte adaptări ale rădăcinilor includ pneumatofori și rădăcini proptitoare, așa cum am văzut, în special, în cazul mangrovelor.

O fixare fermă în măr și poziția erectă a tulpinii ce poartă floarea sunt adesea o condiție *sine qua non* pentru plantele acvatice, iar rădăcinile lor contribuie în diferite moduri la acest aspect. Uneori se obține doar un sistem radicular bogat ramificat, de exemplu, la *Ranunculus aquatilis*.

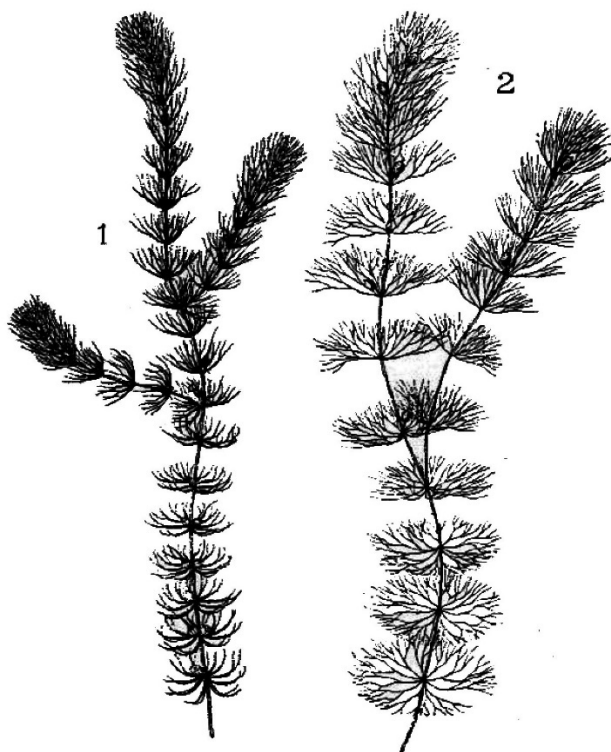


Fig. 95. *Ceratophyllum demersum* (1); *C. submersum* (2)
(Flora R.P.R., vol. 3, 1955)

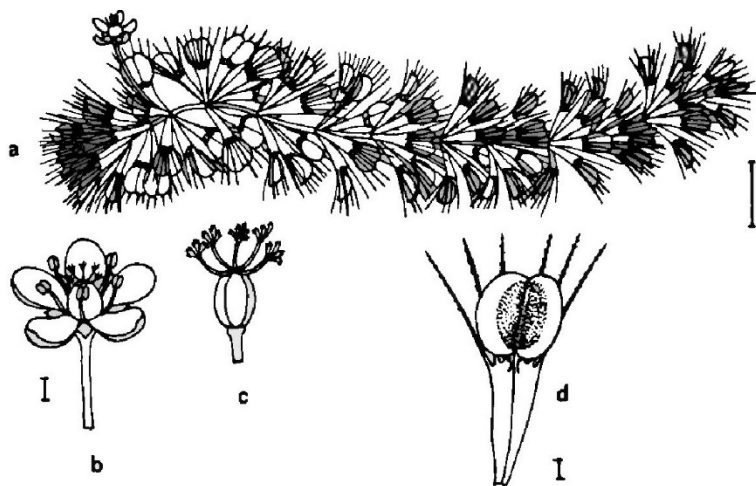


Fig. 96. *Aldrovanda vesiculosa*; a – aspect general (1 cm); b – floare (1 mm);
c – ovar cu stile; d – frunză (1mm) (Cook *et al.*, 1974)

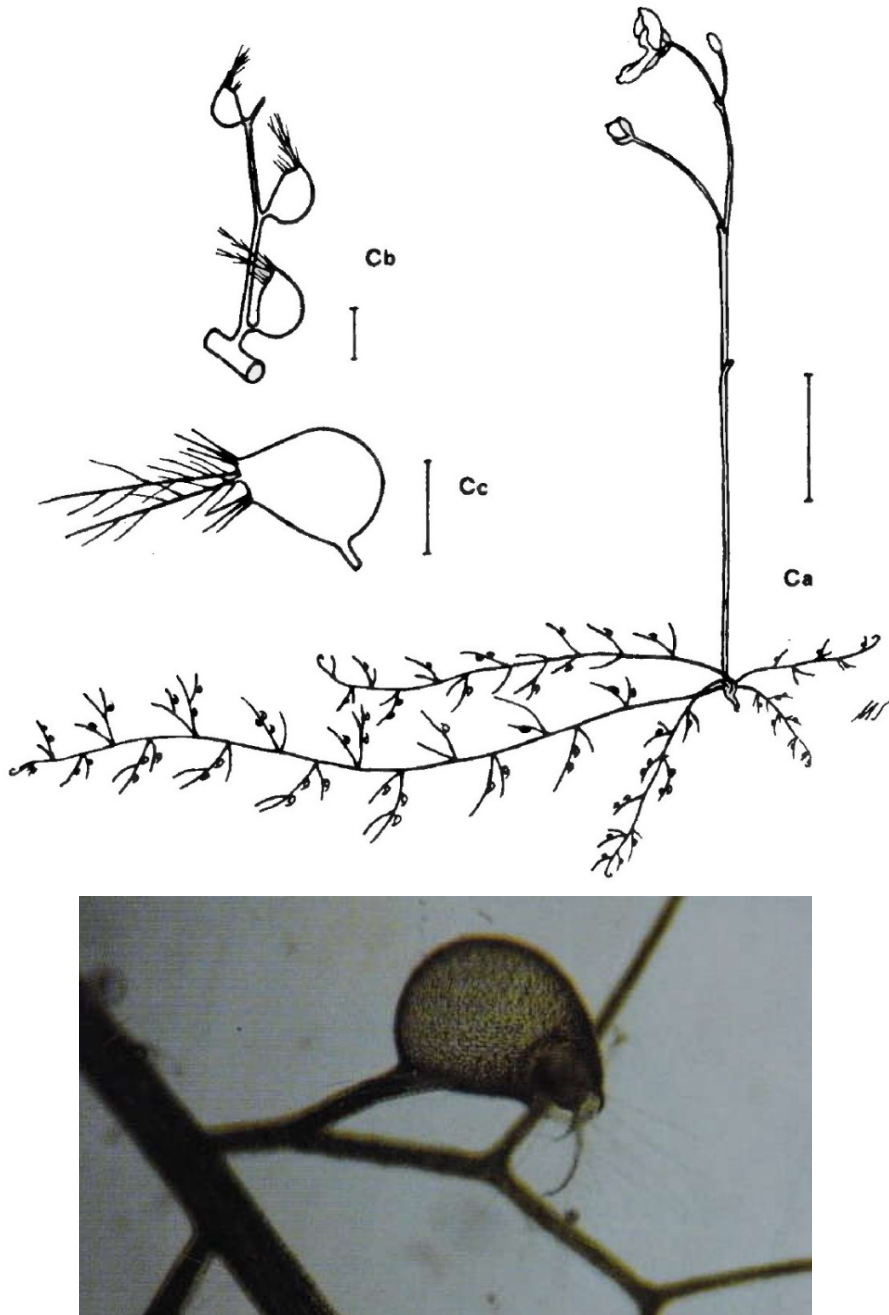


Fig. 97. *Utricularia gibba*: sus: Ca – aspect general (1 cm); Cb – capcane (1 mm); Cc – capcană; jos: capcană – vedere microscopică (Cook *et al.*, 1974; Schnell, 2002)

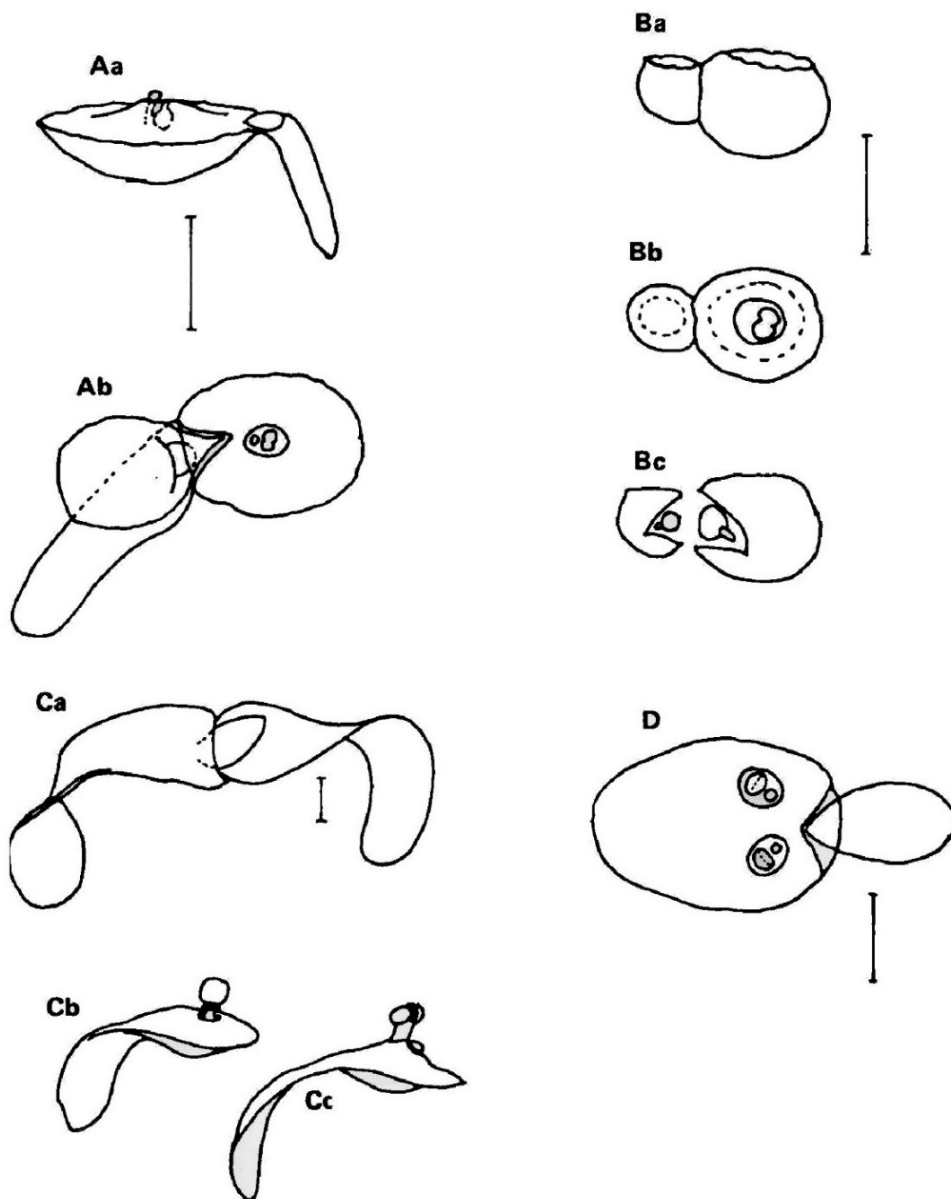


Fig. 98. A – *Pseudowolffia hyalina*: a, aspect general, din lateral; b, aspect general, de sus (1 mm); B – *Wolffia arrhiza*: a, aspect general, din lateral; b, aspect general, de sus; c, secțiune longitudinală (1 mm); C – *Wolffia lingulata*: a, aspect general, de sus; b, aspect general, din lateral; arătând o „picătură de polenizare”; c, aspect general, din lateral, arătând floare masculă (1 mm); D – *Wolffiaopsis welwitschii*: aspect general, de sus (1 mm) (Cook *et al.*, 1974)

În alte cazuri, tipul de dispunere a rădăcinilor adventive este de natură să mențină tulpina în poziția ei verticală. Această realitate este bine ilustrată într-o descriere oferită cu mai mult de 170 de ani în urmă, a unei anumite plante amfibii, *Oenanthe phellandrium* (*O. aquatica* – Fig. 99): „Tulpina înflorită este remarcabil de fistuloasă, prevăzută sub apă cu articulații (internoduri) dese, care devin mai depărtate în sus: atinge cea mai mare grosime două sau trei internoduri de la bază, unde are adesea 2,5 cm sau mai mult în diametru. Din internoduri provin numeroase verticile [rădăcini adventive], dintre care cele inferioare sunt la fel de robuste ca rădăcina fuziformă inițială: acestea, coborând în mod conic spre fundul apei, formează un frumos sistem de giulgiuri și suporturi pentru a susține tulpina ca un catarg în o poziție erectă, în timp ce presiunea asupra mълului moale este diminuată de flotabilitatea internodurilor goale” (Coleman, 1844).

Există și alte cazuri la care, din nou, ancorarea depinde de unele modificări ale rădăcinilor adventive. *Brasenia schreberi* (*B. peltata*), de exemplu, este fixată prin vârfurile bine dezvoltate ale rădăcinii, care joacă rol de ancore, și previn dislocarea plantei plutitoare, când este legănată de agitația de la suprafața apei. O metodă și mai remarcabilă este producerea de rădăcini răsucite în spirală, care, în unele cazuri, merită pe deplin denumirea de „cârcei”. Cele mai multe dintre exemplele cunoscute apar la specii din familia *Potamogetonaceae*, dar au fost înregistrate și la *Hydrocharitaceae* (*Hydrilla*) (Fig. 100) și *Gentianaceae* (*Menyanthes*), dar și la *Myriophyllum verticillatum* (*Haloragaceae*) (Fig. 101).

Primul caz, dintre *Potamogetonaceae*, la care au fost observate rădăcini răsucite în spirală, pare să fi fost la *Cymodocea antarctica*. Ulterior, au fost evidențiate și rădăcinile în formă de tirbușon (răsucite) de la *Zannichellia palustris* (Fig. 102A-F). Hochreutiner (1896) a descris aceste rădăcini ca fiind lungi, neramificate și care se înfășoară în jurul altor obiecte, precum cârceii – acestea „se agață în jos”. El adaugă că *Potamogeton densus* (Fig. 102G) prezintă aceeași particularitate. Atunci când turionii de *Potamogeton obtusifolius* germinează, produc rădăcini înfășurate, care se pare că servesc la ancorarea plantulelor în mъл.

Hildebrand (1885) a descris o diferențiere între rădăcinile absorbante și cele cu rol în ancorare la *Heteranthera zosterifolia*. El afirmă că din fiecare frunză bazală iau naștere două rădăcini, dintre care una rămâne scurtă și se ramifică liber, în timp ce cealaltă crește rapid în lungime și servește pentru ancorare. La *Phragmites communis*, există o diferențiere similară, între rădăcini – de mъл lungi, groase, neramificate – și rădăcini acvatice subțiri, ramificate până la gradul trei.

Rădăcinile plantelor care plutesc liber nu servesc, evident, pentru ancorare, ci par să joace uneori un rol corespunzător în menținerea echilibrului; acest lucru este deosebit de evident în cazul genurilor *Lemna* (Fig. 103) și *Stratiotes*. Rădăcinile acvatice pot îndeplini, adesea, o altă funcție, care este mai îndepărtată de cele presupuse în general în cazul plantelor terestre, și anume aceea de asimilare; culoarea lor este uneori, în mod destul de evident, verde.



Fig. 99. *Oenanthe phellandrium* (*O. aquatica*); 1a – fruct; 1b – semifruct, secțiune transversală (Flora R.P.R., vol. 6, 1958)

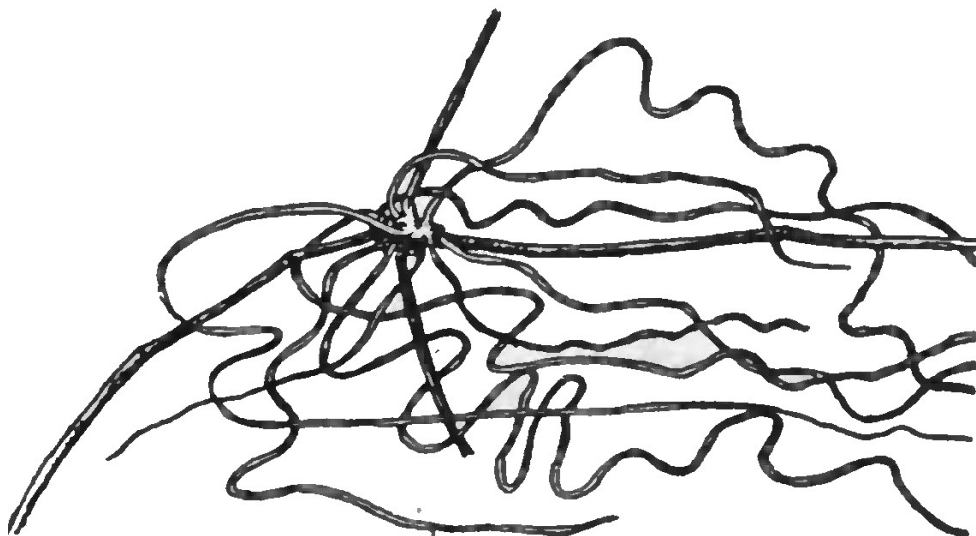


Fig. 100. *Hydrilla verticillata*, rădăcini de tip „cârcei” (Arber, 1920)

La *Trapa natans* (Fig. 104), rădăcinile care apar mai târziu, dezvoltate pe cale adventivă sub bazele frunzelor, plutesc liber și sunt ramificate. Unii autori au presupus că aceste structuri plumoase sunt de natură foliară; acest lucru este eronat, deși, din punct de vedere fiziologic, ele corespund frunzelor divizate întâlnite la *Myriophyllum*. Încă Teofrast, părintele botanicii (născut în 370 î.Hr.), a descris corect morfologia speciei, descriind *Trapa* astfel: „destul de specific pentru această plantă este caracterul păros al creșterilor care izvorăsc din tulpină; din acest motiv, nu sunt nici frunze, nici tulpini”.

Iată descrierea completă a organelor vegetative ale speciei *Trapa natans* (*Flora RPR*, vol. 5, 1957): „Rădăcină principală slabă, de timpuriu înlocuită de rădăcini adventive și asimilatoare, opuse sau verticilate. Tulpini adesea numeroase, simple, de 0,5-2 m lungime, cilindrice, la bază subțiri, spre vârf până peste 1 cm grosime, în partea inferioară cu frunze submerse, liniare, întregi, sesile, de timpuriu căzătoare. Frunzele natante (plutoare) câte 30-50 la vârful tulpinii, îngrămădite în rozetă, pețiolate. Lamina rombică, de 1,5-4,5 cm lungime, groasă, pieleasă sau cărnoasă, în partea anterioară acut dințată, pe față glabră sau păroasă, verde închis sau ± roșietic nuanțată, pe dos brunie sau brun pătată, ± păroasă sau glabră.”

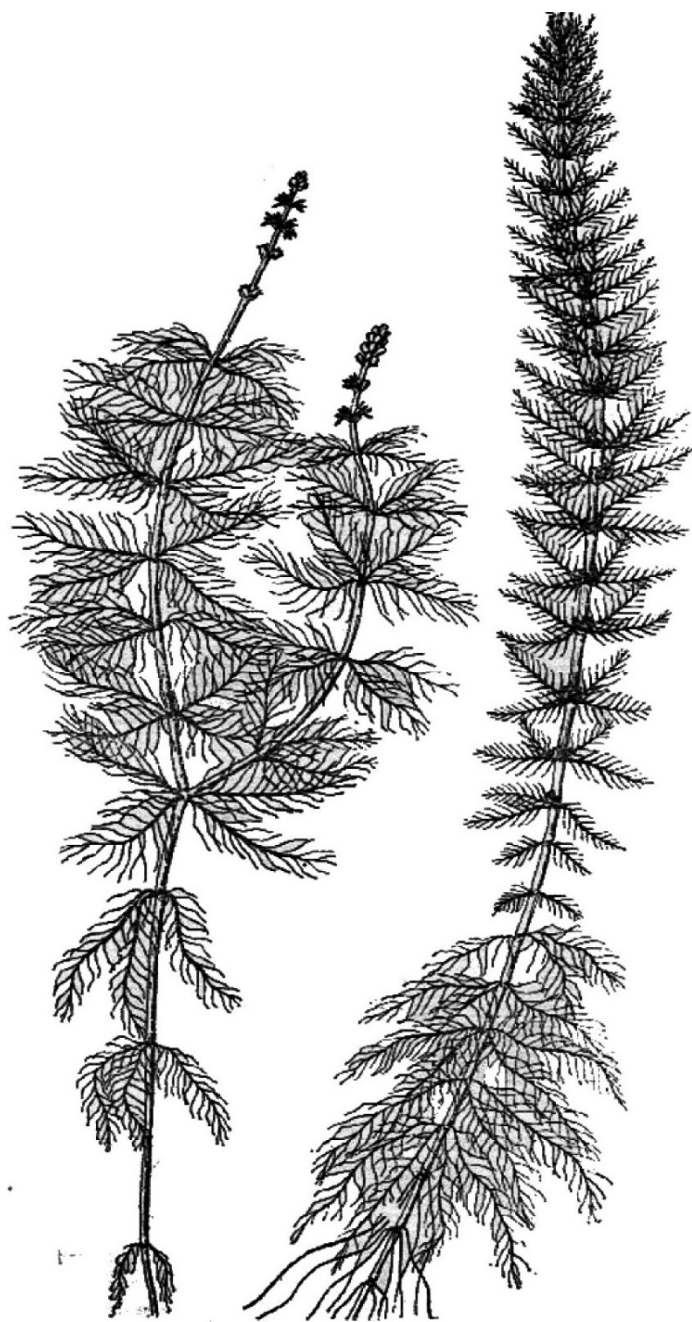


Fig. 101. *Myriophyllum spicatum* (stânga); *M. verticillatum* (dreapta)
(Flora R.P.R., vol. 5, 1957)

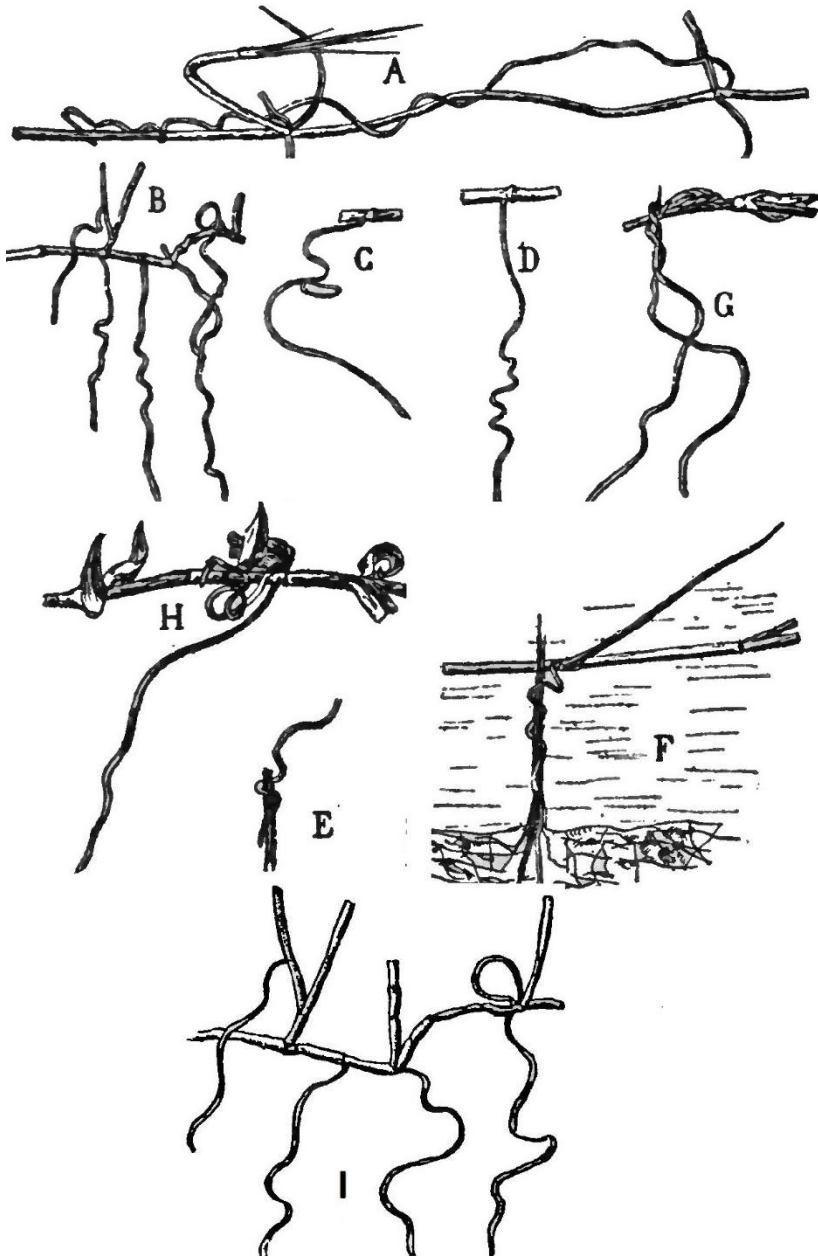


Fig. 102. Rădăcini răsucite la *Zannichellia palustris* (A–F; I – *radices flexuosae*) și *Potamogeton densus* (G–H) (Ascherson și Graebner, 1907; Arber, 1920)

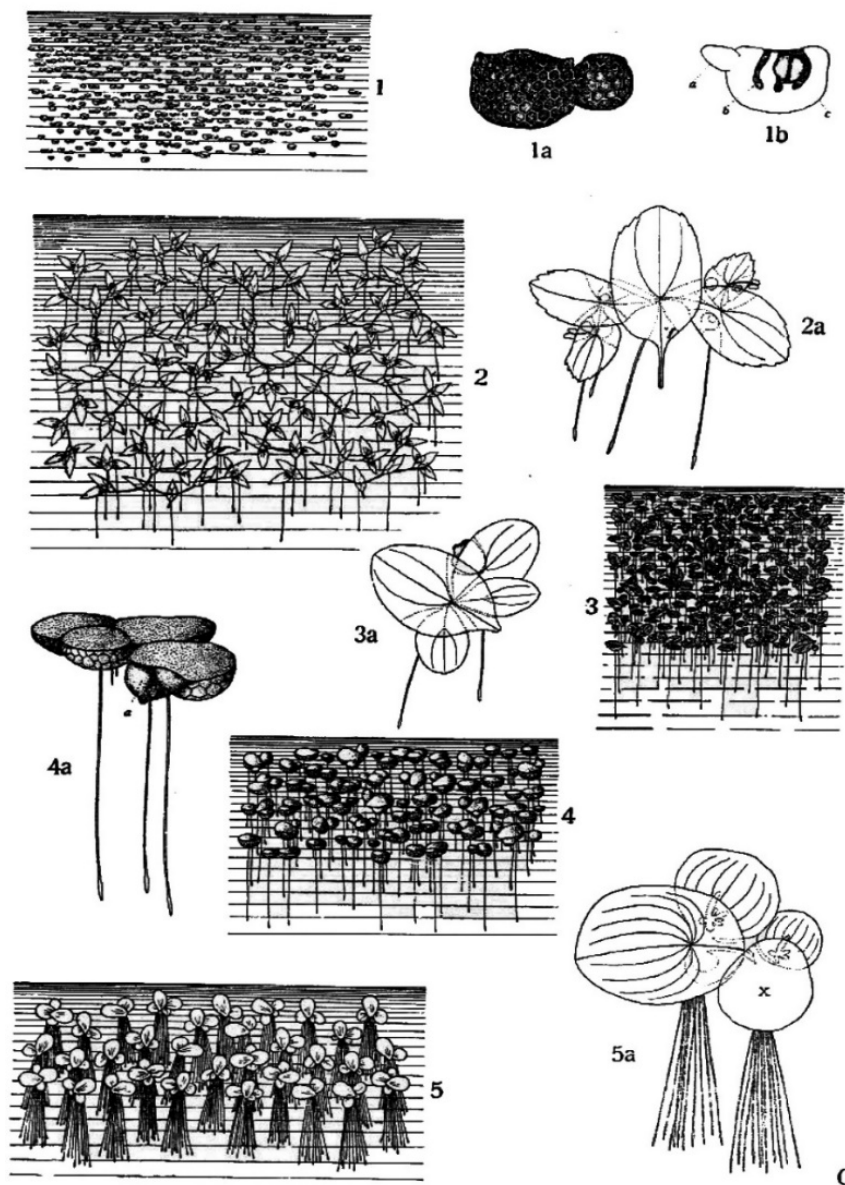


Fig. 103. 1 – *Wolffia arrhiza*: 1a – două exemplare mărite, 1b – planta în secțiune longitudinală (a – mugur; b – ovar; c – anteră) (Este cea mai mică plantă cu flori din țara noastră; *arrhiza* – lipsit de rădăcini; *a*, gr. – fără; *rhizos*, gr. – rădăcină); 2 – *Lemna trisulca*, o colonie: 2a – exemplare în floare; 3 – *L. minor*, o colonie: 3a – patru exemplare, unul cu fruct; 4 – *L. gibba*, o colonie: 4a – patru exemplare, unul cu fruct (4a); 5 – *Spirodela polyrrhiza*, o colonie: 5a – fronde hibernante (*polyrrhiza* – mai multe rădăcini; *polys*, gr. – multe; *rhizos*, gr. – rădăcină) (Flora R.S.R., vol. 12, 1972)

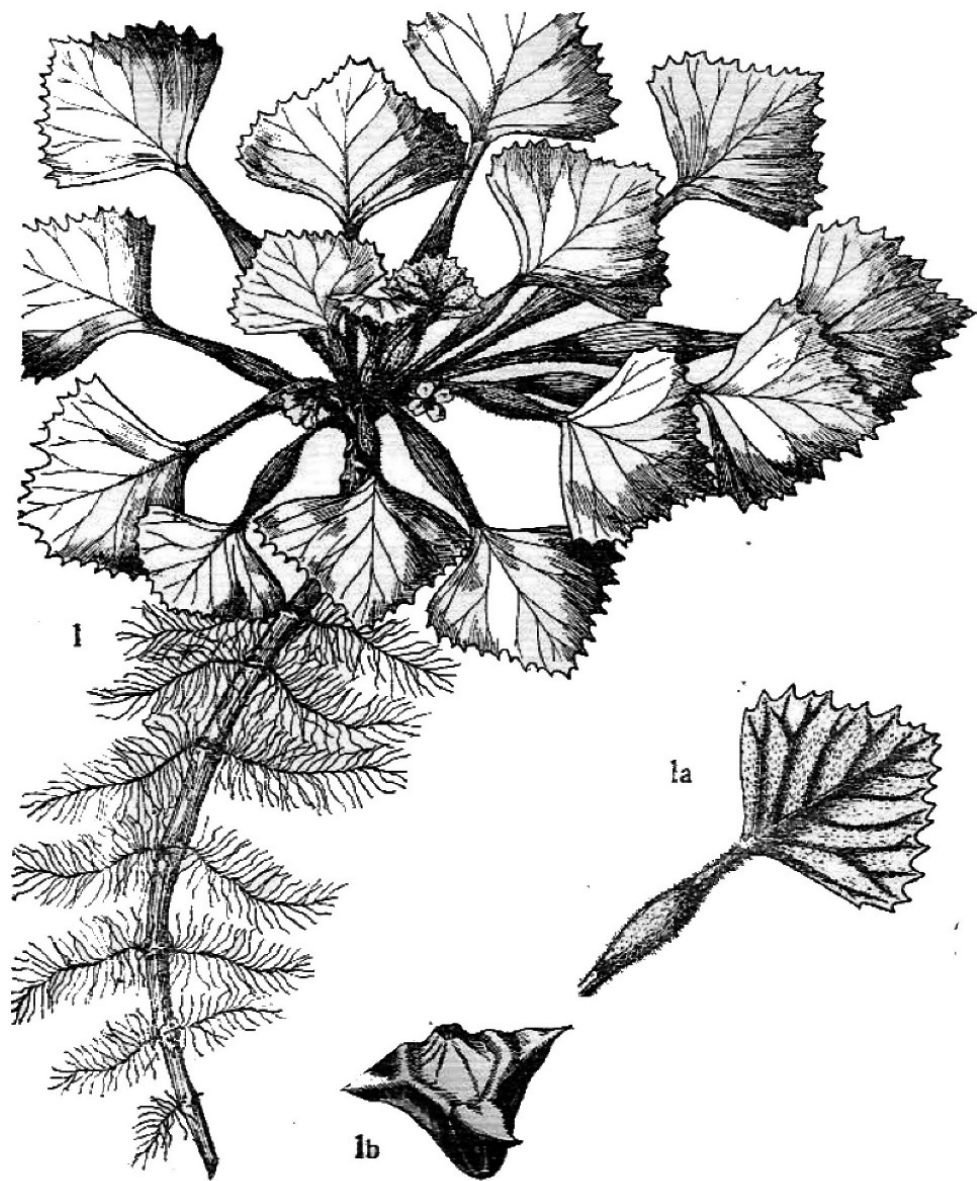


Fig. 104. *Trapa natans* var. *villosa*; 1 – aspect general; 1a – frunză; 1b – fruct
(Flora R.P.R., vol. 5, 1957)

TULPINA

Generalități

Tulpina este un organ diferențiat al plantei, de formă cilindrică sau cilindro-conică, care de obicei crește ortotrop, se ridică în aer vertical și poartă muguri sau organe foliare. Ea se mai caracterizează printr-o creștere terminală, lipsită la vârf de un organ protector și prin structura anatomică proprie. Tulpina are simetrie radiară față de un ax, care trece prin centrul ei și se continuă cu axul rădăcinii.

Baza tulpinii se continuă cu baza rădăcinii în regiunea coletului, situat de regulă la nivelul solului.

Funcțiile principale tulpinii sunt:

- de a stabili legături organice și de conducere între rădăcină și frunze;
- de a susține aparatul foliar și organele de reproducere, florile și fructele;
- de a înmagazina substanțele de rezervă și, la tulpinile verzi, de a completa asimilația (efectua fotosinteza), cel puțin în primele stadii de dezvoltare a plantei.

Filogenetic, diferențierea unei tulpini se produce la mușchi, la care pot fi urmărite toate stadiile de trecere progresivă, de la talul simplu, la tulpinița foliată. Printre algele verzi (*Botrydium*, *Chara*) și brune (*Fucus*, *Laminaria*) sunt unele la care de asemenea se poate distinge un început de diferențiere a talului, într-un organ similar tulpinii, numit cauloid.

Din punct de vedere fiziologic și citologic însă, cauloidul numai la unele alge ar putea fi omologat cu tulpina plantelor vasculare. Dar această omologare nu se poate face niciodată la mușchi.

Tulpina, ca organ bine diferențiat, cu caractere morfologice și anatomice distincte, se găsește la pteridofite (ferigi), la gimnosperme și la angiosperme (Morariu, 1965; Todor, 1958).

Morfologia tulpinii

Părțile tulpinii

Tulpina plantei se formează încă din timpul dezvoltării embrionare; prin germinație iese din sămânță și se orientează în sus, în aer. Examinând în detaliu diverse plantule recent ieșite din sămânță, se constată că de ea sunt prinse cotiledoanele, iar la vârf poartă un mugur care se dezvoltă. Porțiunea dintre colet și cotiledoane se numește *hipocotil*. Regiunea cuprinsă între cotiledoane și primele frunze se numește *epicotil* (Fig. 105). Aceste două regiuni sunt deseori distincte chiar din embrion. Întreaga tulpină este constituită dintr-o succesiune regulată, o alternanță

de noduri și internoduri (internodii), de lungimi variabile din cauza creșterii lor inegale.

În cazul cerealelor, dacă boabele sunt semănate prea adânc, atunci hipocotilul se alungește până aproape de suprafața pământului, unde va da naștere la rădăcini adventive (coronare). În acest caz, hipocotilul alungit se numește *axă mezocotilă* sau *mezocotil* (Fig. 106) (Morariu, 1965).

Noduri și internoduri

Regiunea tulpinii de care sunt fixate frunzele și mugurii este de obicei puțin mai umflată și se numește *nod*, iar segmentul dintre două noduri succesive este un *internod* (Fig. 107). De regulă, internodurile din partea superioară tulpinii sunt din ce în ce mai scurte și nodurile mai apropiate. La graminee sunt scurte și internodurile de la baza tulpinii, apoi se alungesc, spre a se scurta și mai mult în axa spicului. În dezvoltarea sa ortotropă în aer, tulpina este supusă gravitației și expune frunzele în așa fel, încât toate să primească cât mai multă lumină, ceea ce determină dispoziția lor pe toată lungimea sa. La vârful tulpinii și la subsuoara frunzelor se află muguri (Todor, 1958).

În cadrul morfologiei tulpinii, din multitudinea de aspecte, vor fi studiate doar câteva: mugurii, creșterea tulpinii, ramificarea și formele tulpinii, tulpinile metamorfozate.

Mugurii

Mugurii sunt considerați niște lăstari scurți, cu noduri foarte apropiate, cu frunze mici (primordii foliare) încovoiate peste apexul caular (vârf vegetativ, con de creștere), pe care-l acoperă. Vârful mugurului, numit vârf vegetativ sau con de creștere, este alcătuit din celule inițiale și țesuturi primare. Din diferențierea acestor meristeme, spre exterior, apar frunzele sub forma unor mici excrescențe.

Întregul mugur este protejat de frunze metamorfozate, moarte la maturitate, numite solzi sau catafile (Fig. 108, 109). Uneori ei sunt cleioși, din cauza secrețiilor lipicioase. Astfel sunt mugurii de plop, ulm, scoruș ș.a. Tot în scop de apărare, frunzele care acoperă mugurii pot fi păroase, ca la gutui. La alte plante, cum e prunul, perii lipsesc (Morariu, 1965; Todor, 1958).

Dispoziția mugurilor pe ax

După poziția lor pe tulpină, mugurii pot fi:

- terminali – în vârful tulpinii și în vârful ramurilor, din dezvoltarea cărora se produce creșterea axului respectiv în continuare, în lungime.
- laterali (axilari) – dispuși la noduri, la subsuoara sau în axila frunzelor, din dezvoltarea lor se formează ramuri. Au dispoziție:
 - alternă (tei) (Fig. 110a) sau
 - opusă (arțar, castan porcesc) (Fig. 110b,c)
 - verticilată: cel puțin trei muguri inserați la un nod: *Nerium oleander*, *Catalpa*.

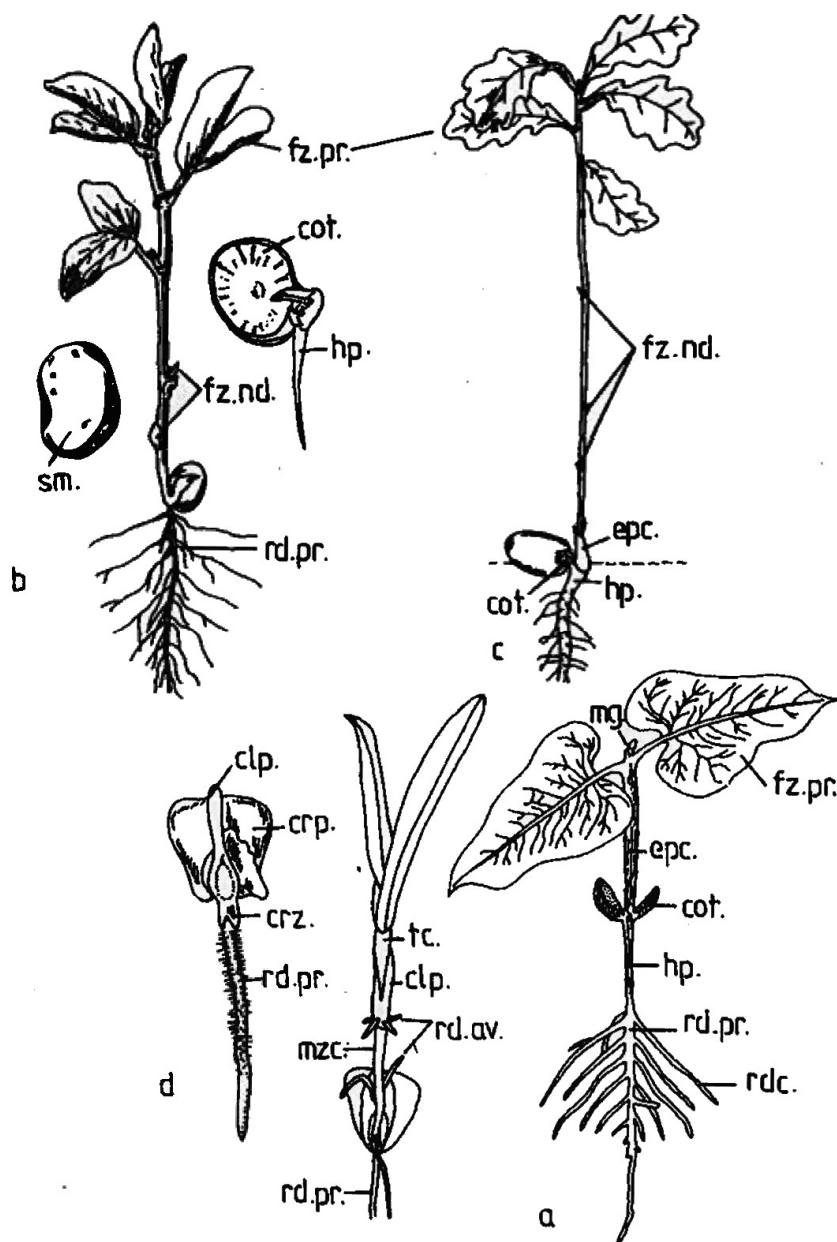


Fig. 105. Tipuri de plantule după modul de germinare: Epigee: a – *Phaseolus vulgaris*; Hipogee: b – *Vicia faba*; c – *Quercus robur*; d – *Zea mays*; cot. – cotiledon; cp. – coleoptil; crp. – cariopsă; crz. – coleoriză; epc. – epicotil; fz. – frunze (pr. – primare; nd. – nediferențiate); hp. – hipocotil; mg. – muguraș (gemulă sau plumulă); mzc. – mezocotil; rd. av. – rădăcini adventive; rd. pr. – rădăcina principală; rdc. – radicele (rădăcini secundare); sm. – sămânță; tc. – teacă (Toma *et al.*, 2003)

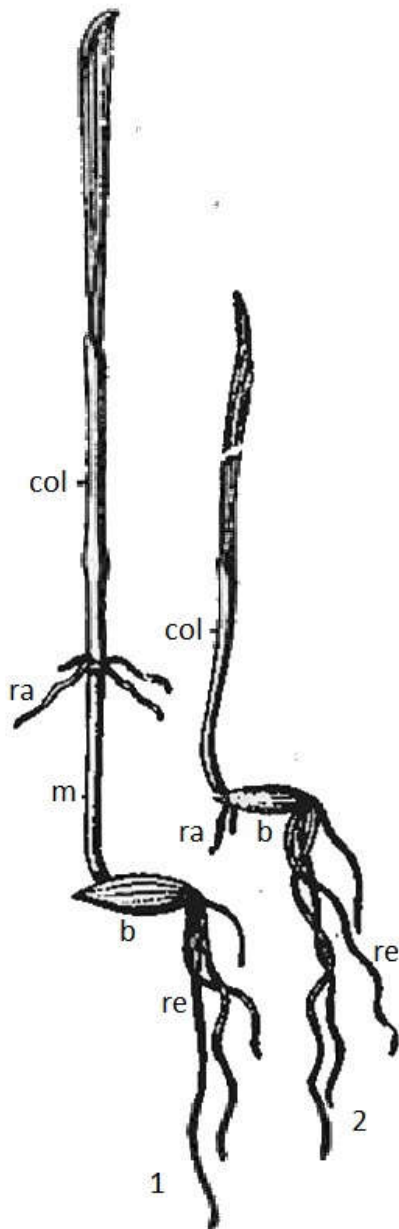


Fig. 106. Mezocotil la cereale: 1 – ovăz semănat la adâncime; m – mezocotil; 2 – semănat superficial; col – coleoptil; ra – rădăcini adventive; b – „bob” (cariopsă); re – rădăcini embrionare (Todor, 1958)

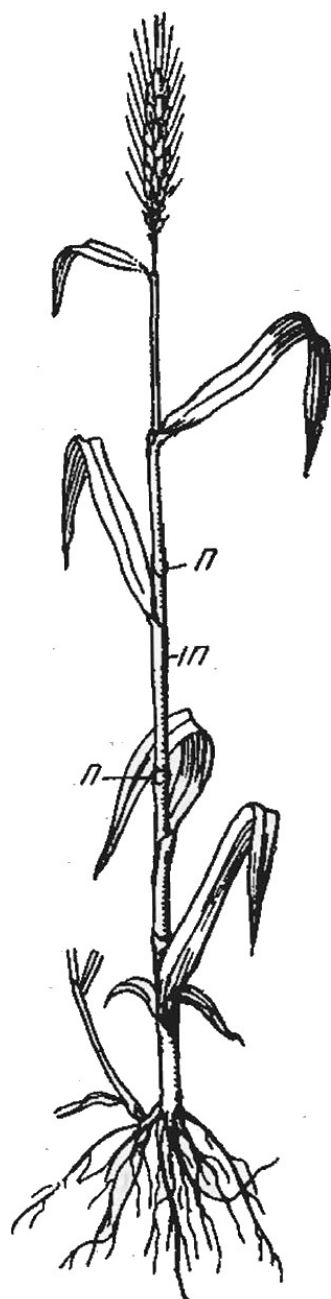


Fig. 107. Pai de grâu; n – nod, in – internod (Todor, 1958)

După funcția pe care o îndeplinesc, mugurii pot fi:

- foliari – aceștia, dezvoltându-se, produc înfrunzirea axului, care se alungește și poartă frunze dispuse în lungul său;
- florali – în care se află florile – prin deschiderea lor se produce înflorirea;
- micști (Fig. 110e) – conțin în interiorul lor atât frunze, cât și flori.

Uneori, mugurii foliari sunt metamorfozați (cu rol în înmulțirea vegetativă), numindu-se tuberule (la grăușor) sau bulbile (la colțișor). Varza de căpățână este un mugur terminal metamorfozat, iar căpățânile mici de la varza de Bruxelles sunt muguri laterali metamorfozați. La plantele „vivipare” (usturoi), mugurii floriferi sunt metamorfozați.

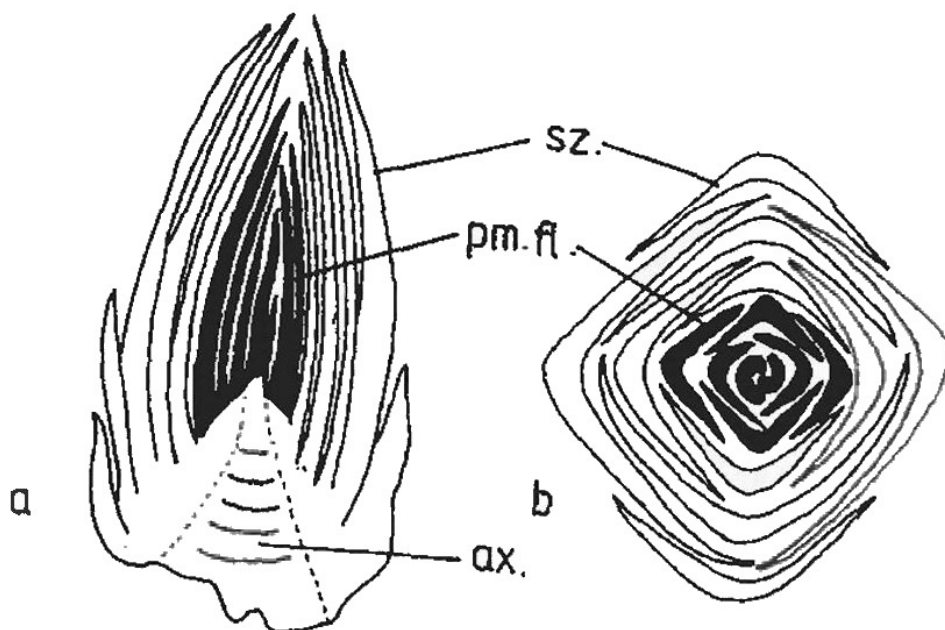


Fig. 108. Structura schematică a unui mugur, la *Syringa josikaea*; secțiune longitudinală (a) și transversală (b); ax. – axă tulpinală; pm. fl. – primordii foliare; sz. – solzi (catafile) (Toma *et al.*, 2003)

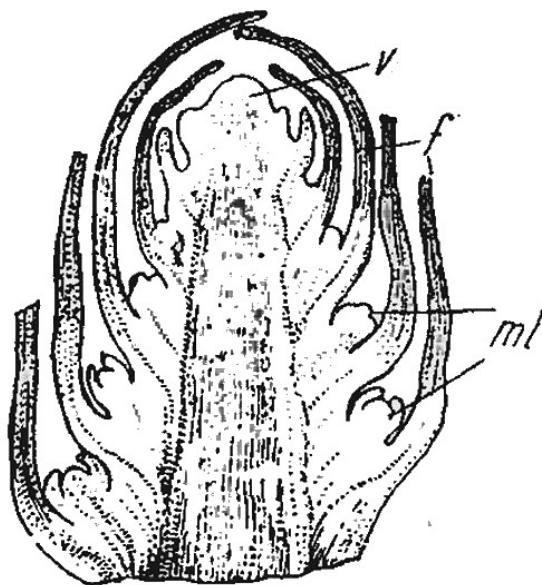


Fig. 109. Schema secțiunii longitudinale prin mugurul terminal al unei plante cu sămânță (caz general); v – vârf vegetativ; f – frunze; ml – muguri axilari (Todor, 1958)

Prin urmare, se poate spune că mugurul este un organ complex, format dintr-un ax scurt (o porțiune de tulpină sau de ramură) cu un con de creștere și purtând la interior, la nodurile dese, frunzișoare, iar pe dinafară, solzi protectori. În starea aceasta, mugurul este o porțiune de tulpină sau o ramură purtând frunze, dar încă nedezvoltate, în stare potențială.

Originea și dezvoltarea mugurilor

Mugurii care iau naștere din primordiile conului vegetativ, după cum s-a văzut mai sus, se numesc muguri *normali*. În climatul din țara noastră, formarea lor se produce în decursul verii, apoi rămân în stare latentă, în repaus hibernal; în climatul cald tropical, acest repaus este în perioada uscată de vară. De obicei, în primăvara următoare se dezvoltă, internodurile lor se alungesc prin creștere, frunzele se întind și cresc, întregul mugur determină alungirea axului, dacă este terminal, sau formează o ramură nouă, când are poziție axilară. Nu toți mugurii axilari se dezvoltă la timp, în primăvară, ci unii rămân în stare de viață latentă, timp de mai mulți ani. Mugurii aceștia se numesc muguri *dorminzi* sau *proventivi*. Datorită legăturilor cu țesuturile conducătoare prin care sunt alimentați, mugurii dorminzi își pot păstra vitalitatea o perioadă foarte lungă de timp, ce poate atinge la unele specii, cum sunt fagul și stejarul, chiar până la 100 de ani, în decursul cărora pot fi acoperiți de țesuturi secundare, astfel încât, practic, nici nu se mai pot observa (Todor, 1958).

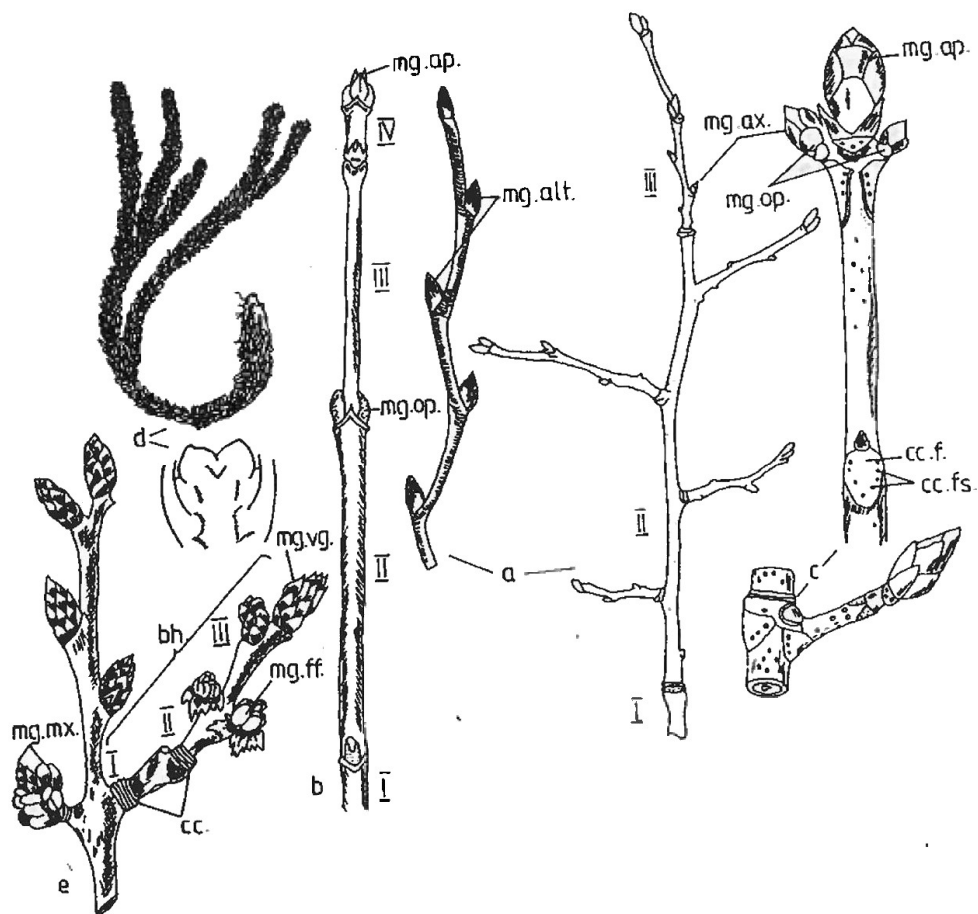


Fig. 110. Tipuri de muguri și de ramificare a tulpinii: a – *Tilia tomentosa* (stânga – ram de un an); b – *Acer negundo*; c – *Aesculus hippocastanum*; d – *Lycopodium clavatum* (jos este schematizată bifurcarea vârfului vegetativ); e – *Prunus avium*; bh. – brahiblast; cc. – cicatrice (f. – foliară; fs. – fasciculară); mg. – mugur (ap. – apical; alt. – altern; ax. – axilar; op. – opuși; ff. – florifer; mx. – mixt; vg. – vegetativ); I–IV – internoduri de vârste diferite (Toma *et al.*, 2003)

Mugurii proventivi reprezintă o rezervă necesară plantei pentru regenerare. Dezvoltarea lor poate fi provocată printr-o stimul din exterior, cum ar fi iluminarea bruscă prin îndepărtarea unor plante din jur, tăierea unor ramuri sau a tulpinii, sau printr-un aflus abundent de substanțe nutritive. Mai ales distrugerea mugurelui terminal, care exercită o acțiune inhibitoare asupra mugurilor axilari, determină dezvoltarea acestora din urmă. Prin distrugerea mugurelui terminal sau îndepărtarea axului situat deasupra lor, reacțiile de inhibare dispar, primesc auxine în cantități mai

mari și determină „trezirea” și, ca urmare, dezvoltarea lor. Prin dezvoltare, mugurii proventivi dau naștere la ramuri proventive. Lăstarii, ramurile lacome, ca și ramurile târzii, de pe trunchiul unor plante lemnoase cum ar fi stejarul, mărul, teiul, sunt de cele mai multe ori de origine proventivă (Morariu, 1965).

Apariția ramurilor proventive în număr mare pe un arbore duce la slăbirea lui și încetinirea dezvoltării masei lemnoase, prin consumul exagerat de substanțe nutritive.

Muguri adventivi. O categorie aparte de muguri, care nu își au originea în conul de creștere de la vârful tulpinii sau al ramurilor, o formează mugurii adventivi. Ei nu au o poziție determinată, nu sunt nici axilari și nici terminali, ci pot să apară pe internoduri, la noduri, pe rădăcini și pe frunze.

Mugurii adventivi reprezintă o altă rezervă importantă de regenerare a plantelor superioare, care află aplicații pe o scară largă în înmulțirile vegetative, ca butășirea, marcotajul și drajonarea. Prin dezvoltare, mugurii adventivi dau naștere la lăstari adventivi sau la ramuri adventive. În practica culturii plantelor, formarea acestora poate fi provocată prin diverse mijloace artificiale.

Originea mugurilor adventivi este endogenă, dintr-un țesut meristematic situat în interior. Pe trunchiul arborilor, numeroșii lăstari lacomi, ce apar uneori îngrămădiți, provin din muguri adventivi, căci mugurii dorminzi nu se află niciodată grupați în număr mare împreună. În unele cazuri, mugurii adventivi pot rămâne în interior și se pot dezvolta local în formă de noduli interni, concrescuți în masa lemnului și în secțiune îi dau un aspect frumos, ceea ce îl face valoros în industria mobilei (Morariu, 1965).

Creșterea în lungime a tulpinii

Creșterea în lungime a tulpinii se produce după desfacerea mugurului, printr-o alungire lentă a vârfului, dar și prin alungirea internodurilor, simultan cu întinderea și creșterea frunzelor și cu apariția de noi muguri în axilele lor (Fig. 111).

Alungirea produsă la vârful tulpinii se numește **creștere terminală**.

De obicei, după ieșirea din mugur, axul mai crește printr-o alungire a internodurilor, numită **creștere intercalară**. Zona în care este localizată creșterea intercalară poate fi situată pe parcursul internodului (*creșterea internodală*) sau la nod (*creșterea nodală*). Creșterea nodală se întâlnește frecvent la conifere: molid, lariță, pin ș.a. Sunt cazuri mai rare, cum ar fi la cedru, când, la aceeași plantă, alungirea tulpinii se produce atât la noduri, cât și în lungul internodurilor lor. O creștere interesantă au gramineele, la care deasupra nodurilor, în interiorul tecii frunzei, se păstrează un țesut tânăr (meristematic), prin care poate crește intercalar timp îndelungat. Datorită acestei proprietăți, dacă au fost culcate (grâul, porumbul) la pământ de o furtună sau de o ploaie torențială, tulpina se poate ridica din nou. Prin

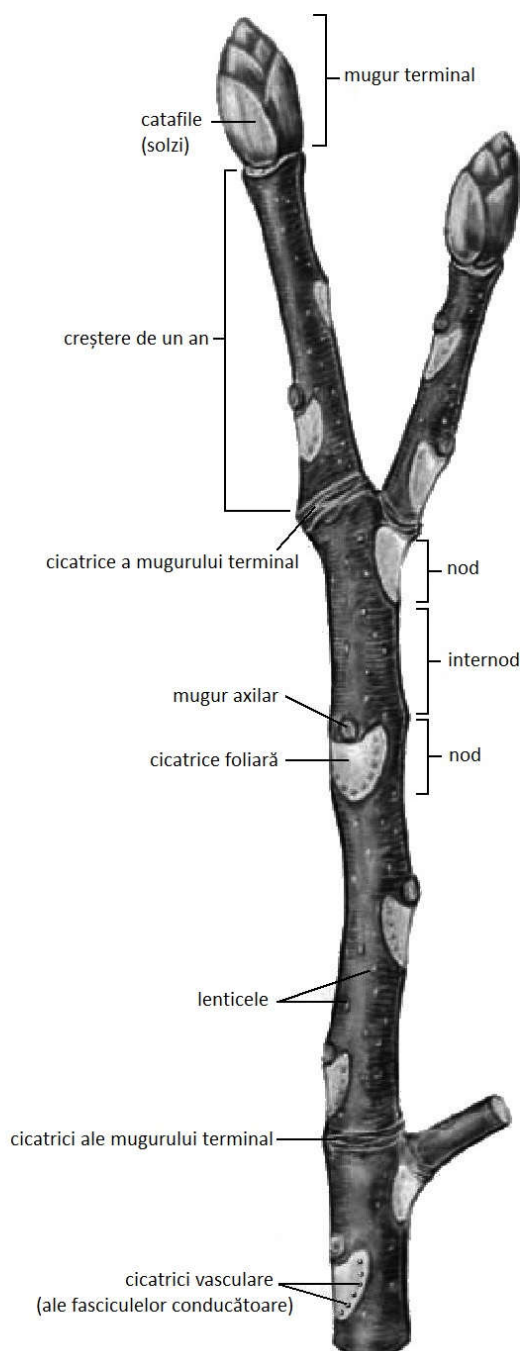


Fig. 111. Morfologia externă a unei ramuri – plantă lemnoasă (Berg, 2008)

creșterea intercalară, mai puternică în partea dinspre sol a tulpinii, ea se curbează deasupra nodurilor și, printr-o arcuire, regiunea terminală este ridicată.

Capacitatea de creștere a internodurilor nu este la toate speciile la fel, din această cauză ele au lungimi inegale. Intensitatea creșterii nodurilor mai variază și cu vârsta plantei, cu abundența de hrană și, în general, cu condițiile de mediu (Morariu, 1965).

Ramificarea tulpinii

Numai la unele plante, în special la monocotiledonate (palmieri etc.), tulpina rămâne simplă, adică este reprezentată printr-un ax unic. La cea mai mare parte, după o anumită perioadă de dezvoltare, tulpina sau axul principal dă naștere unor ramuri care provin din dezvoltarea mugurilor axilari. Primele ramuri laterale ale tulpinii sunt axe de ordinul al doilea și la rândul lor poartă, la fel cu axul principal, un mugure terminal și mai mulți muguri axilari. Prin dezvoltarea mugurilor axilari ai acestor ramuri, iau naștere axe de ordinul al treilea, care se comportă la fel; în modul acesta se pot forma axe de un ordin din ce în ce mai înalt.

De orice ordin ar fi ramurile plantelor lemnoase, în urma creșterii anuale inegale, se pot repartiza în două grupe: ramuri scurte și ramuri lungi.

Ramurile scurte, **microblastele** sau **brachiblastele**, sunt acelea la care creșterea anuală este foarte redusă, nodurile sunt dese, internodurile scurte și în lungul lor se vede o inelație deasă, urmele cicatricilor foliare și ale mugurilor.

Ramurile lungi sau **macroblastele** (dolichoblaste) au creșterile anuale puternice, nodurile sunt rare și în tinerețe apar netede pe tot segmentul crescut într-un an (Fig. 112).

Principalele tipuri de ramificare a tulpinii sunt: dichotomică, monopodială, simpodială și dichotomia falsă.

a) Ramificarea dicotomică se produce prin bifurcarea vârfului în două ramuri de aceeași grosime și valoare morfologică (Fig. 113). Vârful vegetativ se împarte în două vârfuri vegetative egale și fiecare din ele crește devenind o ramură; astfel, cele două ramuri noi se nasc terminal și cresc în aceeași măsură, ramificându-se mai departe în același mod.

Ramificarea dicotomică este mai frecventă la talul pluricelular al algelor și al ciupercilor. Ea a apărut ca o necesitate pentru a satisface cerințele organismului, legată de o creștere și complicitate mai avansate. În afară de talofite, ramificarea dicotomică se mai întâlnește la briofite și la unele pteridofite, îndeosebi la cele din grupul Licopodinelor. În orice caz, ramificarea dicotomică a tulpinii are caracter străvechi, ea a apărut prima la plante, atât la tulpină, cât și la rădăcină (Morariu, 1965).

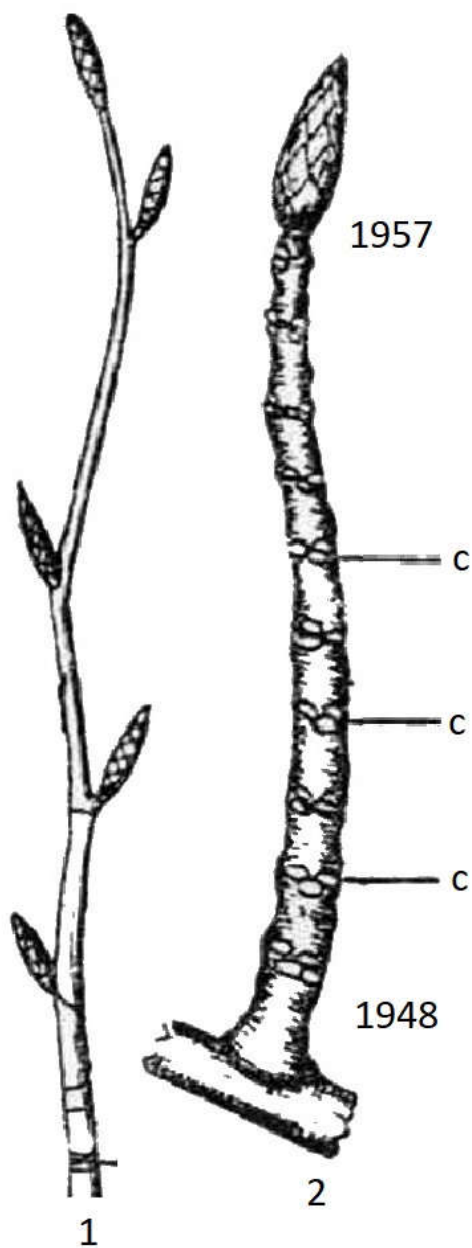


Fig. 112. Ramură lungă (macroblastă) (1) și scurtă (microblastă) (2) la fag
(c – cicatrici foliare) (Morariu, 1965)

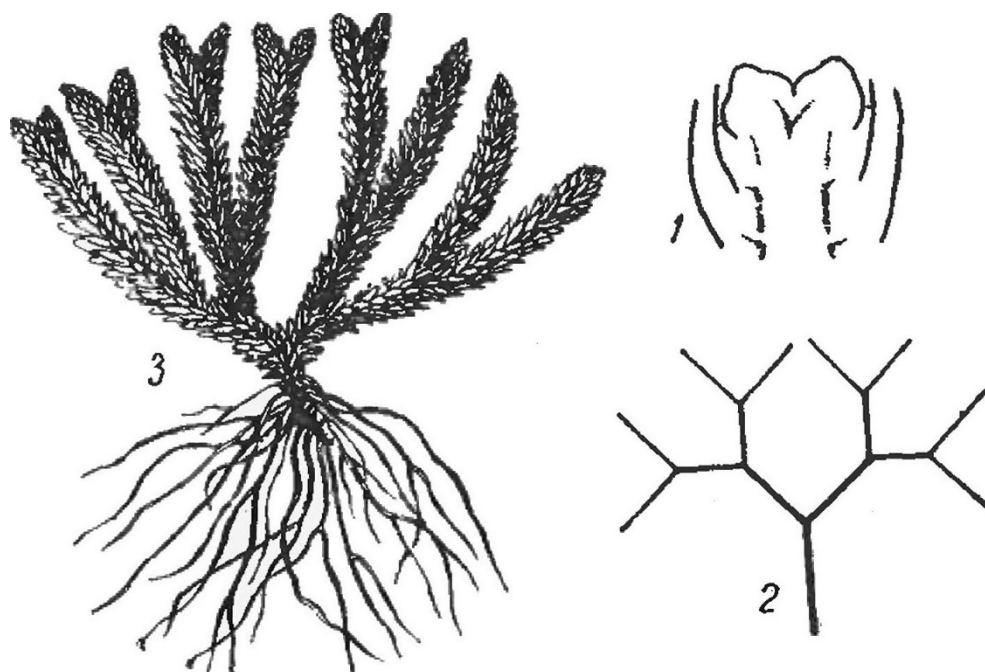


Fig. 113. Ramificarea dihotomică: 1 – secțiune longitudinală prin vârful vegetativ (se observă bifurcarea în două vârfuli asemănătoare); 2 – schema ramificării dihotomice; 3 – ramificarea dihotomică la brădișor (*Lycopodium selago*) (Todor, 1958)

b) **Ramificarea monopodială** se caracterizează prin creșterea continuă în lungime a axului principal, printr-un mugur terminal și formarea ramurilor din muguri axilari, începând de la baza tulpinii spre vârf (acropetal) (Fig. 114). Ramurile apar totdeauna mai jos de vârf și de regulă rămân mai scurte decât axul principal, dar la rândul lor se ramifică de asemenea monopodial. Axul principal, tulpina, la monopodiu crește drept și se îngroașă cu vârsta mult în raport cu ramurile, astfel încât la arbori devine un trunchi puternic. Ramificare de tip monopodial prezintă bradul, molidul, larița, pinul, fagul, stejarul, castanul, frasinul ș.a. (Morariu, 1965).

c) **Ramificarea simpodială** ia naștere când mugurul terminal lipsește sau avortează și creșterea în lungime a axului – fie primar, fie de un ordin mai înalt – se produce printr-un mugur axilar imediat inferior. Acest mugur continuă în lungime axul pe care se găsește, asemenea unui mugure terminal. Într-un simpodiu, axul principal nu are o creștere continuă și succesivă.

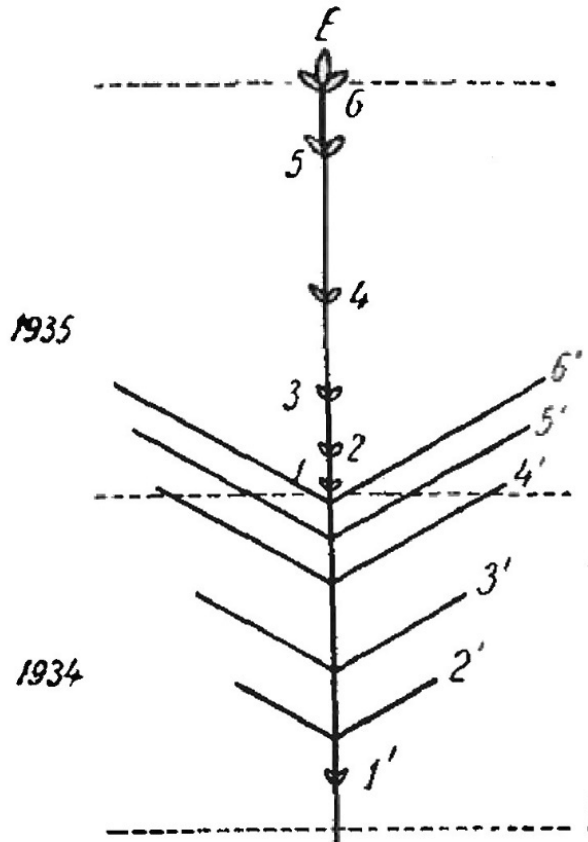


Fig. 114. Schema ramificării monopodiale: liniile punctate indică creșterile din 2 ani (1934 și 1935); E – mugur terminal; 1–6 muguri laterali, 1'–6' ramurile laterale dezvoltate din muguri laterali. Axul principal depășește cu mult ramificațiile (Todor, 1958)

Alungirea lui se face printr-o suprapunere de segmente (ramuri) de un ordin din ce în ce mai înalt, de unde îi vine și numele (în limba greacă *sin* = împreună, pus; *podos* – picior).

La plantele tinere, acest fel de ramificare se poate observa ușor, prin faptul că tulpina este ca un zig-zag, are cotituri, care cu timpul, odată cu îngroșarea, se șterg. Plantele lemnoase cu ramificare monopodială au coroana piramidală, iar cele cu ramificare simpodială au coroana largă, mai globuloasă.

Cea mai mare parte din arborii și arbuștii pădurilor noastre au o ramificare simpodială; exemple: salcia, carpenul, mesteacănul, vișinul, mărul, părul, prunul, piersicul, caisul, teiul, speciile de citrice, măceșii, vița de vie (Fig. 115) etc. Printre

plantelor erbacee, sunt de asemenea unele cu ramificare simpodială, de exemplu pătlăgelele, cartoful ș.a. (Todor, 1958).

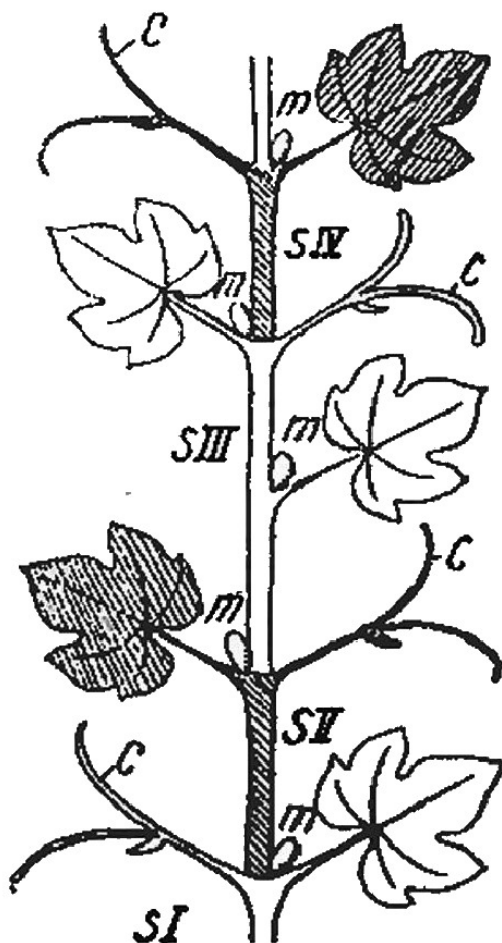


Fig. 115. Ramificarea simpodială la vița de vie: SI–IV – creșteri simpodiale formate succesiv dintr-unul și două internoduri; c – cârcel; m – mugur lateral (Todor, 1958)

d) **Dichotomia falsă**, numită și *dichasiu*, apare la specii cu mugurii opuși. Mugurul terminal încetează să se dezvolte (avortează) de timpuriu și se usucă, iar cei doi muguri axilari situați imediat dedesubt apar ca și cum i-ar lua locul. Creșterea în lungime a tulpinii, mai departe, se produce prin dezvoltarea celor doi muguri axilari și, din cauza aceasta, ramificarea este bifurcată (Fig. 116).

Ramificarea dicotomică falsă se întâlnește la vâsc, liliac, numeroase specii din familia *Caryophyllaceae*.

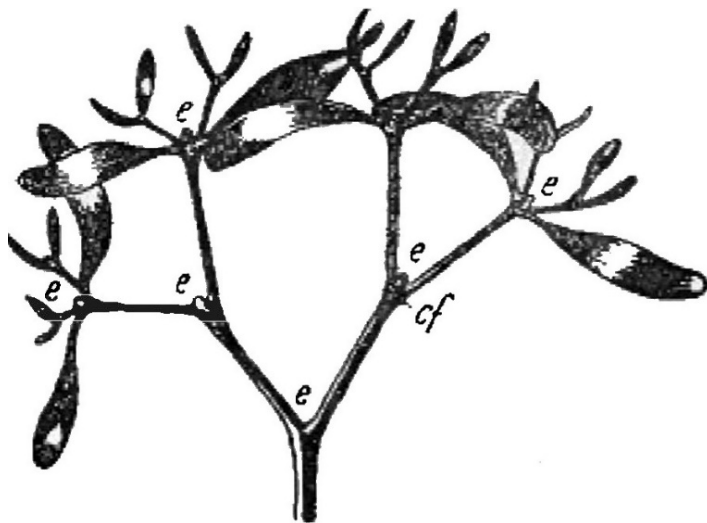


Fig. 116. Dihotomie falsă la vâsc (*Viscum album*): e – locul inflorescențelor;
cf – cicatrici foliare (Todor, 1958)

Forme (tipuri) de tulpini

Se consideră că tulpina este un organ al plantei cu variabilitate morfologică mult mai pronunțată decât a rădăcinii, ceea ce determină un mare număr de forme. Pe de o parte, funcțiile mecanice pe care le îndeplinește tulpina în mediul aerian, iar pe de alta, adaptarea la viața împreună cu alte plante, induce modificări în formă și în structură pentru a rezista acțiunii factorilor de mediu.

În cazul tulpinilor ce trăiesc în mediu acvatic sau subteran, modificările suferite sunt și mai profunde. Lumina mai redusă în apă sau absența ei sub pământ, ca și densitatea mai mare față de aer, imprimă tulpinii caractere noi, diferite de ale tulpinilor aeriene.

Caracterele specifice ale tulpinii sunt ereditare, dar apariția lor se leagă de filogenia plantei; ele s-au format în cursul perioadei istorice de dezvoltare. Ele se mai modifică și în prezent sub influența mediului în care crește planta, dar mai lent și numai în măsura în care le stimulează condițiile noi. De aceea, pentru a recunoaște planta (genul, specia) după caracterele morfologice, cu toate că este supusă influențelor mediului de dezvoltare individuală, trebuie să fie cunoscută morfologia și natura tulpinii (Morariu, 1965).

Deoarece mediul este factorul primordial sub influența căruia se modifică tulpinile, acesta este foarte important drept criteriu de clasificare a formelor de

tulpini. Plecând de la aceste considerații, se deosebesc tulpini aeriene, tulpini subterane și tulpini acvatiche.

Semnificațiile ecologice ale unora dintre acestea vor fi discutate la secțiunea dedicată ecologiei tulpinilor.

I. Tulpini aeriene

Cele mai multe plante au tulpina dezvoltată în mediul aerian, dar între ele pot exista deosebiri, în ceea ce privește alcătuirea, consistența, forma externă și orientarea.

1. Normale

A. Tulpini ierboase

- a) *caudex*: tulpină scurtă, cărnoasă, aparent nearticulată, cu o rozetă bazală de frunze și terminată cu o axă floriferă la maturitate (*Agave*, *Aloe*, *Yucca*, *Sedum*, *Sempervivum* – urechelniță sau ghețișoară) (Fig. 117a).
- b) *calamus*: tulpină cu noduri neumflate, cu internoduri ce au măduvă spongioasă (formată din celule stelate) și cu frunze bazale, reduse la teci (specii din familia *Juncaceae*: *Juncus effusus* – rugină – Fig. 117b; *Cyperaceae*).
- c) *culmus* (pai): tulpină cu internoduri fistuloase și noduri pline, umflate (*Poaceae*: *Poa alpina* – firuță) (Fig. 117c); ca variantă, se poate menționa *coceanul* de la porumb (*Zea mays*), cu internoduri pline.
- d) *scapus*: tulpină cu internoduri bazale extrem de scurte, încât frunzele formează o rozetă din mijlocul căreia la maturitate se va ridica un internod terminal, florifer, lung, afil (*Primula officinalis* – ciuboțica cucului – Fig. 117d; *Taraxacum* – păpădie; *Plantago* – pătlagina; *Bellis* – bumbișori).
- e) *caulis*: tulpină tipic ierboasă, verde, asimilatoare (*Lamiaceae*: *Lamium maculatum* – urzică moartă – Fig. 117e, specii din familiile *Apiaceae*, *Asteraceae* ș.a.) (Toma *et al.*, 2003).

Orientarea tulpinilor aeriene

După orientarea în spațiu, tulpinile pot fi:

- **ortotrope**, ridicându-se vertical.
- **plagiotrope**, culcate pe sol.

Tulpini ortotrope

a) *drepte* sau *erecte*, au țesuturi mecanice sau se mențin prin turgescența celulelor (Fig. 118).

Uneori baza tulpinii nu se ridică vertical, ci mai întâi se încovoiaie de la pământ în formă de arc și abia după aceasta porțiunea superioară se îndreaptă în sus. Tulpina arcuită la bază și apoi îndreptată în sus se numește *ascendentă*.

Vârful tulpinii purtătoare de flori sau, mai târziu, de fructe, adeseori se încovoiaie într-o parte sau se îndoaie în jos. Tulpinile cu vârful încovoiat spre pământ se numesc *nutante*. Ca exemplu de tulpină nutantă: ghiocelul (*Galanthus nivalis*) și jaleșul (*Salvia nutans* – etimologia numelui speciei este relevantă).

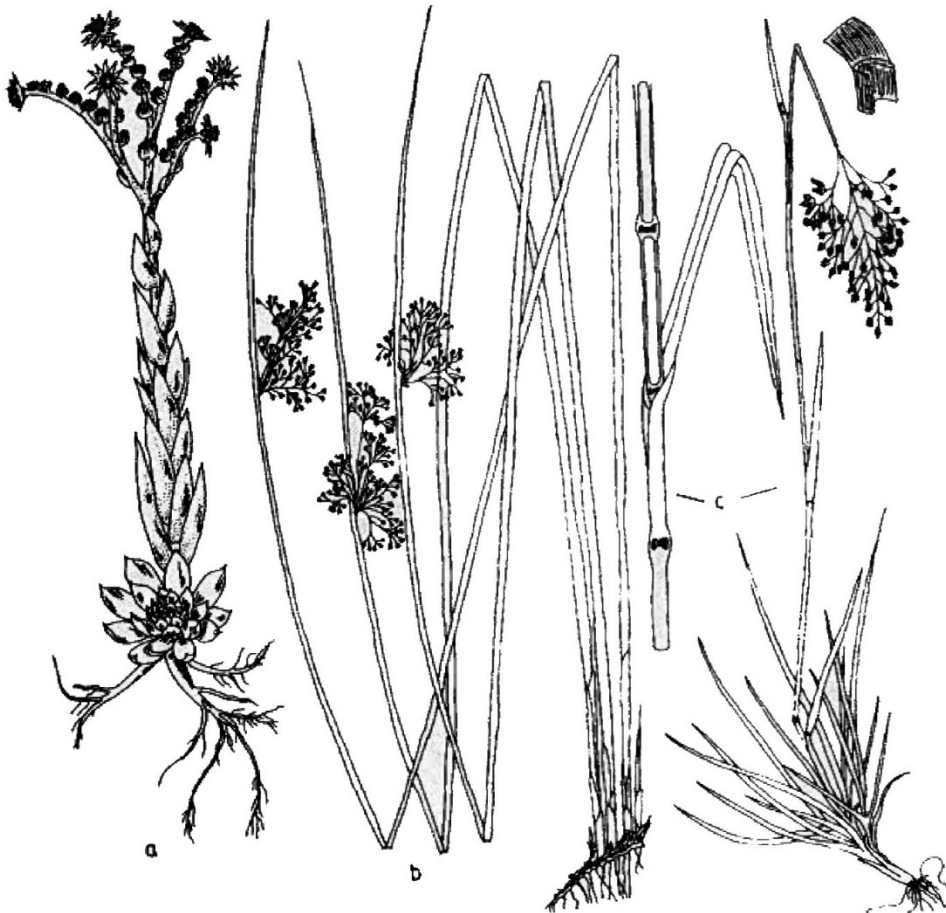


Fig. 117. Tipuri de tulpini normale ierboase: a: caudex – *Sempervivum schlehani*; b: calamus – *Juncus effusus*; c: culmus – *Poa alpina* (Toma et al., 2003)

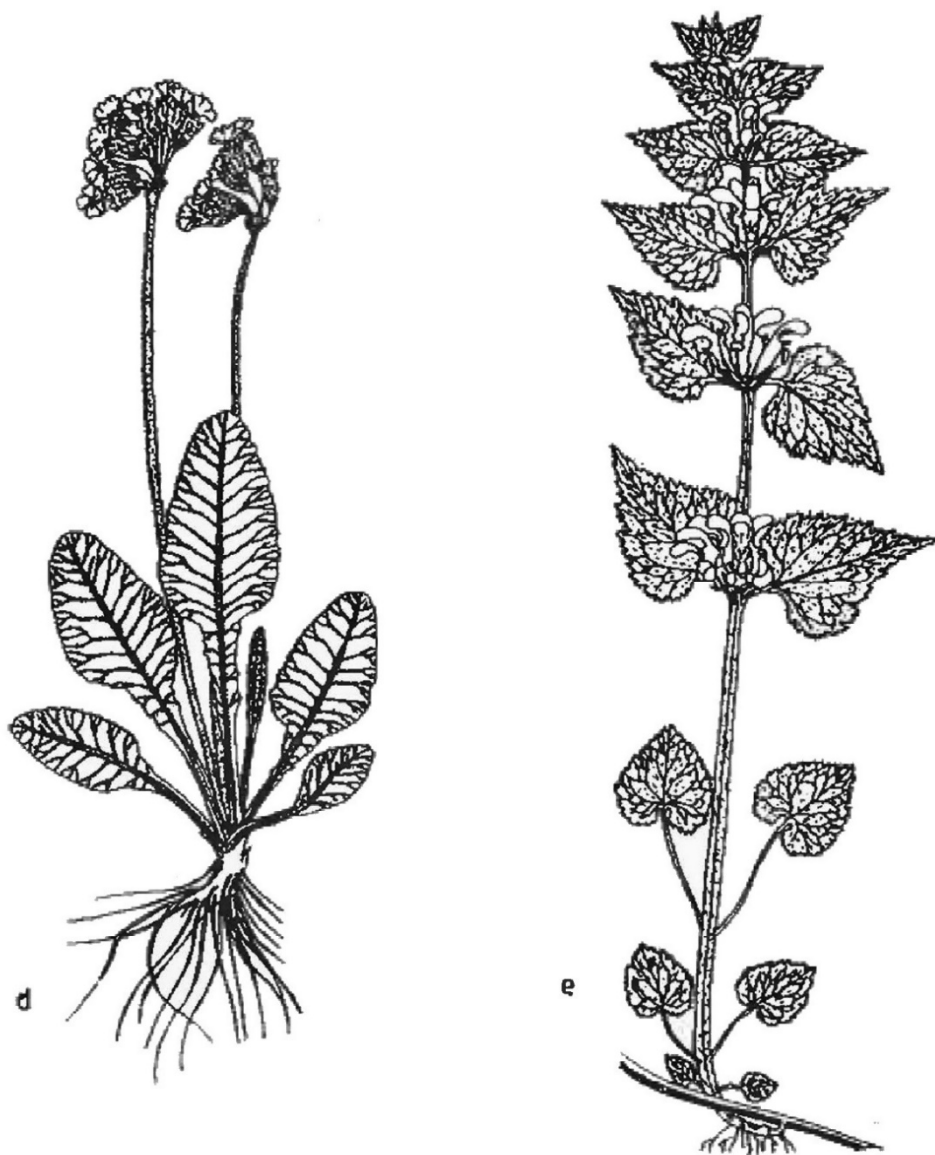


Fig. 117 (continua). Tipuri de tulpini normale ierboase: d: scapus – *Primula officinalis*;
e: caulis – *Lamium maculatum* (Toma et al., 2003)



Fig. 118. Tipuri de tulpini ortotrope: A – dreaptă la traista ciobanului (*Capsella bursa-pastoris*); B – nutantă la ciulin (*Carduus nutans*); C – geniculată la *Alopecurus geniculatus* – pentru B și C, etimologia numelui speciei este relevantă (Răvăruț și Turenschi, 1973)

b) *urcătoare*, ce folosesc suporturi pentru a se înălța spre lumină:
– *agățătoare* (turiță – prin cârlige, viță de vie, mazăre – prin cârcei) (Fig. 119);
– *volubile* (hamei, volbură – *Convolvulus arvensis*, fam. *Convolvulaceae* – Fig. 120 –, hrișcă, fasole).



Fig. 119. Tulpini agățătoare: A – prin ventuze la vița japoneză (*Parthenocissus tricuspidata*); B – prin cârcei de origine foliară la mutătoare (*Bryonia alba*); C – cu ajutorul pețiolurilor la curpenul de pădure (*Clematis vitalba*); D – prin frunze transformate în cârcei la *Lathyrus aphaca*; E – prin foliole transformate în cârcei la mazăre (*Pisum sativum*) (Răvăruț și Turenschi, 1973)

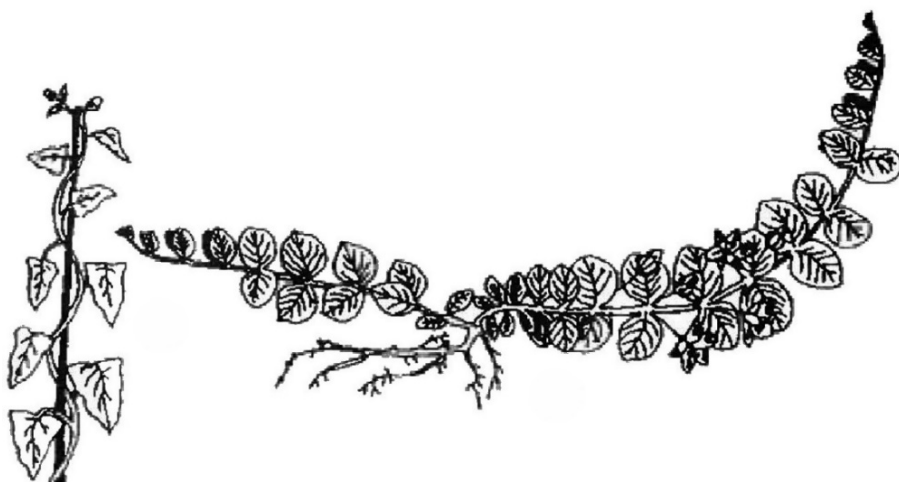


Fig. 120. Tipuri de tulpini normale ierboase: stânga – ortotropă volubilă – *Convolvulus arvensis*; dreapta – plagiotropă – *Lysimachia nummularia* (Toma *et al.*, 2003)



Fig. 121. Tulpini volubile: A – la fasole (*Phaseolus vulgaris*); B – la hrișca urcătoare (*Fagopyrum convolvulus*); c – la hamei (*Humulus lupulus*) (Răvăruț și Turenschi, 1973)

Tulpini urcătoare se întâlnesc la multe plante cu tulpini lungi și sărace în elemente mecanice; acestea se ridică prin agățare sau răsucire în jurul suportului (Fig. 121). Plante urcătoare se află atât între cele cu tulpini erbacee, cât și printre cele lemnoase. Generic, acestea sunt denumite *liane*, deși acest termen este rezervat de mulți autori pentru plantele cu tulpini lignificate ce trăiesc mai mulți ani, nu și pentru cele erbacee, chiar dacă ele sunt perene prin organele subterane.

Cele mai simple organe de agățare sunt *perii sub formă de cârlige*, ca la lipitoare (*Galium aparine*), apoi *spinii în formă de emergențe* cum sunt la unele soiuri urcătoare de *Rosa*. Alte plante se fixează de suport cu ajutorul *cârceilor* sau a rădăcinilor adventive; multe din acestea se află printre leguminoase: mazărichea (*Vicia*), mazărea (*Pisum*) și printre *Cucurbitacee*: mutătoarea (*Bryonia alba*), bostanul (*Cucurbita*), apoi din alte familii: iedera, vița de vie, curpenul, vanilia etc.

Cârceii sunt de origine diferită: la mazăre, mazăriche, bostan, mutătoare, provin din frunze transformate, reduse la nervura principală; la curpen (*Clematis vitalba*) sunt petiolurile frunzelor, pe când la vița de vie, cârceii provin din ramuri. Așa cum vom mai vedea (ca exemplu ilustrativ, la *Passiflora*), originea cârceilor nu este întotdeauna simplu de precizat.

Interesante sunt adaptările lianelor, răspândite mai ales în pădurile tropicale. Ele sunt plante iubitoare de lumină, cu creștere rapidă, dar cu tulpinile slab lignificate și cu puține frunze pe părțile crescute în umbră. Când ajung deasupra arborilor formează un frunziș abundent, acoperindu-i și trecând de la unul la altul. Lianele tropicale au și structura anatomică cu particularități interesante.

Pădurile noastre, din România, sunt sărace în liane, comun este doar curpenul (*Clematis vitalba* – Fig. 162-164), cu răspândire mai largă. Iedera (*Hedera helix*), deși urcătoare, numai rareori ajunge până la vârful arborilor; chiar dacă se cațără pe trunchiurile arborilor, ea trăiește și culcată la pământ, așa cum poate fi observată adesea prin păduri și parcuri de la noi. Mult mai rară este liana volubilă *Periploca graeca*, cunoscută mai ales în pădurea Letea din Delta Dunării.

Mai multe discuții despre adaptările lianelor – la partea de ecologie dedicată tulpinii.

Tulpini plagiotrope

Printre speciile erbacee, unele specii de cimbru de câmp (*Thymus pulcherrimus*) au tulpina *prostrată*, adică culcată la pământ împreună cu ramurile în tot lungul ei. Plante lemnoase cu tulpini prostrate se află printre sălciile pitice (*Salix retusa*, *S. reticulata*) din regiunile alpine și reprezintă adaptări la climatul auster ce domnește acolo. Alte plante au tulpina *târătoare*, caracterizată prin alipirea de pământ și formarea de rădăcini la noduri. Dintre acestea face parte gălbioara (*Lysimachia nummularia*) (Fig. 122D), silnicul (*Glechoma hederacea*) ș.a. În fiecare an tulpina lor crește de la vârf și se întinde mai departe, pe când părțile bătrâne din anul precedent mor (*Lysimachia nummularia*) (Morariu, 1965).



Fig. 122. Tulpini plagiotrope: A – coada racului (*Potentilla anserina*); B – fragi (*Fragaria vesca*); C – piciorul cocoșului târător (*Ranunculus repens* – etimologia numelui speciei este relevantă); D – gălbenele (*Lysimachia nummularia*) (Răvăruț și Turenschi, 1973)

B. Tulpini lemnoase

a) *arbori*: cu tulpina principală numită trunchi, ce se ramifică la o înălțime de câțiva metri de sol, formând o coroană cu ramuri de diferite ordine:

- tip palmier sau stip (cu tulpina neramificată, fără structură secundară și terminată cu un buchet de frunze în vârf – *Borassus flabellifer* – fam. *Palmae* (Fig. 123a);

- tip cetinos – *Larix decidua* – fam. *Pinaceae* (Fig. 123b);

- tip foios – *Acer campestre* – fam. *Aceraceae* (Fig. 123c) (cu tulpină ramificată, având structură secundară); ating în mod obișnuit 20-30 m înălțime;

b) *arbustoizi*: cu mai multe trunchiuri de 10-15 cm în diametru și 3-7 m înălțime (gutui, corn, migdal, soc – *Sambucus nigra* – fam. *Caprifoliaceae* – Fig. 123d, lemn câinesc, coacăz);

c) *arbuști*: cu mai multe axe groase de 2-3 cm, ce pornesc de la bază și ating 2-3 m (măceș, liliac) ori chiar numai 0,5 m înălțime (afin);

d) *subarbuști*: cu consistență lemnoasă doar la bază, partea aeriană ierboasă degerând iarna (pelin – *Artemisia campestris* – fam. *Asteraceae* (Fig. 123e), levănțică, unghia găii, mur, zmeur) (Toma *et al.*, 2003).

Coroana arborilor poate fi răsfirată, boltită, pendulă, piramidală, conică, corimbiformă, eliptică, sferică, tronconică etc. (Fig. 124). Aceste însușiri sunt ereditare, însă ele pot fi modificate de anumiți factori de mediu, mai ales lumina.

2. Metamorfozate

A) asimilatoare:

a) platicladii (Fig. 127):

- cladodii (Fig. 125; 127): lățite, cu frunze mici: grozamă – *Genista sagittalis* – fam. *Fabaceae* (Fig. 125a);

- filocladii: ramuri lățite în formă de frunze și cu frunze foarte reduse, care pot fi:

- solziforme, la ghimpe – *Ruscus hypoglossum* – fam. *Liliaceae*, Fig. 125b.

- spiniforme, la sparanghel – *Asparagus officinalis* – fam. *Liliaceae*.

b) virgate – fără frunze sau cu frunze reduse la teci brune: coada calului – *Equisetum arvense* – fam. *Equisetaceae* (Fig. 125c).

c) suculente (cărnoase): cu frunze reduse la spini și cu parenchim acvifer: limba soacrei – *Opuntia vulgaris* – fam. *Cactaceae* (Fig. 125d).

B) transformate în spini: microblaste dure, simple sau ramificate, cu rol protector, purtând uneori frunze: porumbar – *Prunus spinosa*, fam. *Rosaceae* (Fig. 125e) (Toma *et al.*, 2003).



Fig. 123. Tipuri de tulpini normale lemnoase: a – arbore de lip palmier (stip): *Borassus flabellifer*; b – arbore de tip cetinos: *Larix decidua*; c – arbore de tip foios: *Acer campestre*; d) arbustoid: *Sambucus nigra*; e – subarbust: *Artemisia campestris* (Toma et al., 2003)

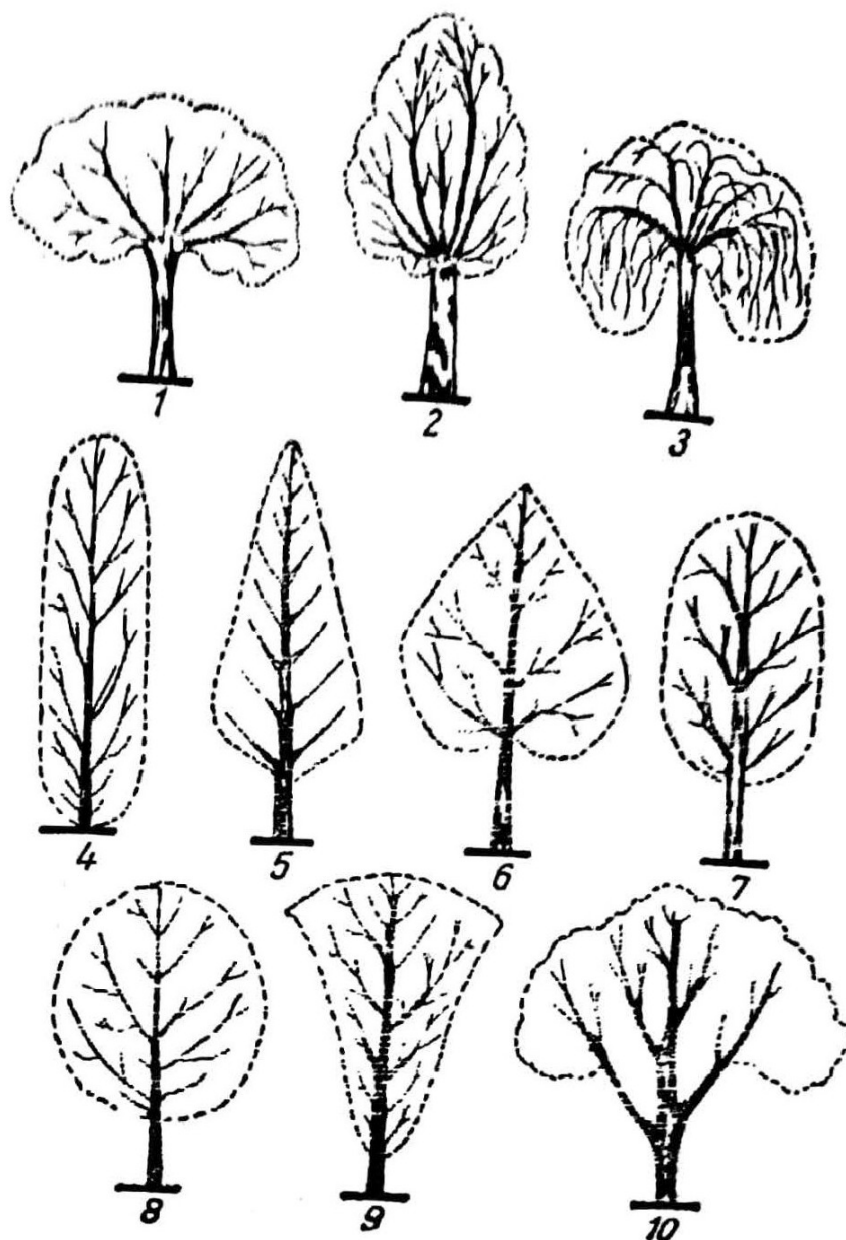


Fig. 124. Aspectul exterior (habitusul) al plantelor lemnoase – tipuri de coroane: 1 – răsfirată; 2 – boltită; 3 – pendulă; 4 – piramidală; 5 – conică; 6 – corimbiformă; 7 – eliptică; 8 – sferică; 9 – tronconică; 10 – cu brațe gemene (Răvăruț și Turenschi, 1973)

C) transformate în cârcei: microblaste subțiri, simple sau ramificate, cu rol de agățare: viță de vie – *Vitis vinifera*, fam. *Vitaceae* (Fig. 125f).

D) adaptate pentru înmulțirea vegetativă:

a) stoloni: macroblaste subțiri, întinse pe suprafața solului: cinci degete – *Potentilla reptans* – fam. *Rosaceae* (Fig. 128a); fragi – *Fragaria vesca* – fam. *Rosaceae*.

b) bulbile: microblaste sau muguri axilari cu frunze tuberizate: colțisor – *Dentaria bulbifera* – fam. *Brassicaceae* (Fig. 126, Fig. 128b).

c) tuberule: microblaste sau muguri axilari cu axa tuberizată: grâușor – *Ranunculus ficaria* – fam. *Ranunculaceae* (Fig. 128c) (Toma *et al.*, 2003).

II. Tulpini subterane

Toate sunt metamorfozate, servind la depozitarea substanțelor de rezervă și la înmulțirea vegetativă a plantei (Toma *et al.*, 2003).

A) rizomi: macroblaste cu internoduri lungi (graminee – pir; ciperacee – rogoz), mijlocii (lăcrămioară, pecetea lui Solomon) și hipertrofiate (stânjenel – Fig. 130b), acoperite cu frunze solziiforme, formând rădăcini adventive și purtând muguri ce vor da tulpini aeriene.

- rizom cu creștere nedefinită și ramificare monopodială la lăcrămioară – *Convallaria majalis* – fam. *Liliaceae* (Fig. 129a; 130); crește toată viața prin mugurul terminal, iar tulpina aeriană rezultă dintr-un mugur axilar.

- rizom cu creștere definită și ramificare simpodială la pecetea lui Solomon – *Polygonatum officinale* – fam. *Liliaceae* (Fig. 129 b; 130c; Fig. 131); mugurul terminal dă primăvara tulpina aeriană, iar rizomul crește în continuare printr-un mugur axilar.

B) tuberculi: microblaste formate prin tuberizarea vârfului unor stoloni subterani; la maturitate sunt protejați de o pătură de suber, pe suprafața căreia se observă „ochi” (adâncituri cu 2-3 muguri, din care vor rezulta tulpini aeriene) protejați de câte o frunză solziiformă foarte redusă, numită „sprânceană”: cartof – *Solanum tuberosum* – fam. *Solanaceae* (Fig. 129c).

C) bulbi: microblaste cu partea tulpinală propriu-zisă redusă la un disc bazal cu noduri foarte apropiate, la care se prind frunze cărnoase, vii, cu rol de depozitare. iar la periferie frunze solzoase, subțiri, moarte, cu rol de protecție; în vârful discului se află un mugur, din care se va forma tulpina aeriană, iar la baza discului se formează rădăcini adventive; ambele categorii de frunze sunt teci ale frunzelor normale, aeriene (Toma *et al.*, 2003).

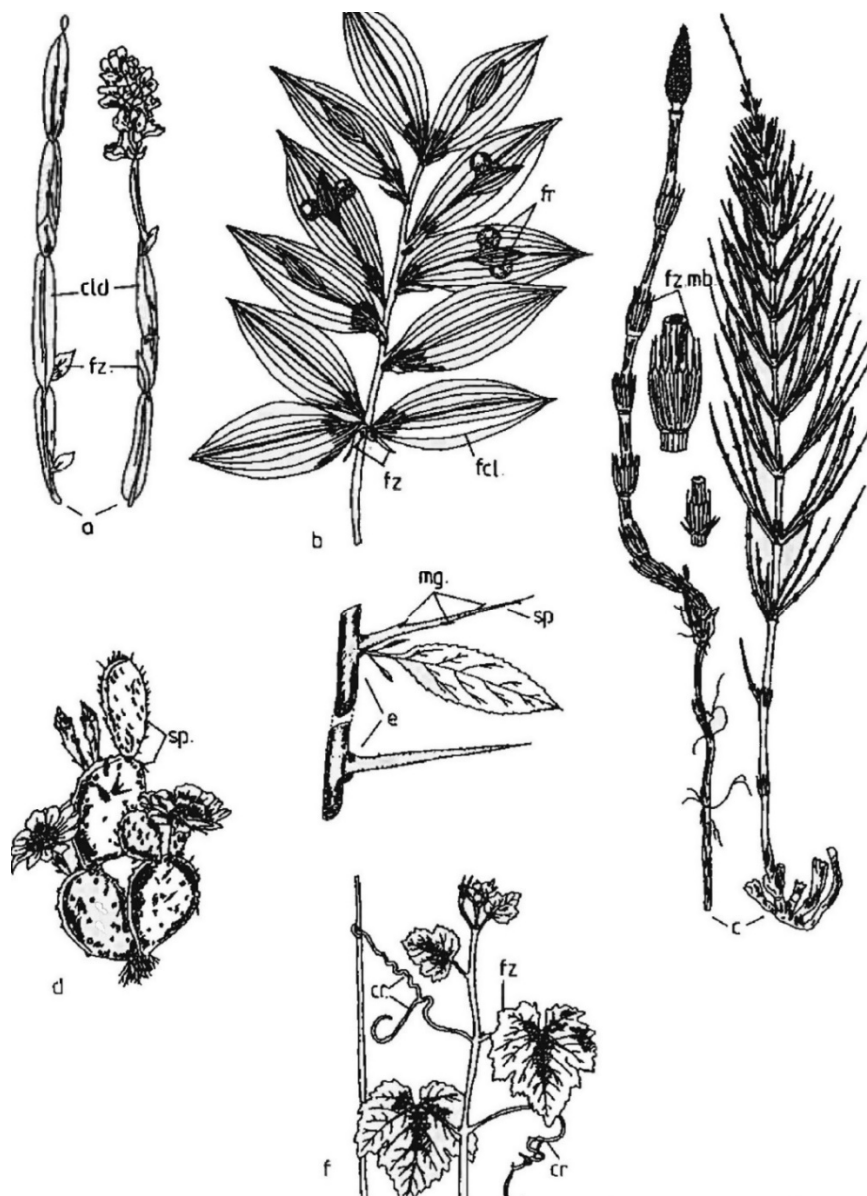


Fig. 125. Tipuri de tulpini metamorfozate aeriene: a – cladodii: *Genista sagittalis*; b – filocladii: *Ruscus hypoglossum*; c – virgate: *Equisetum arvense* (dreapta, tulpina sterilă; stânga, tulpina fertilă); d – suculente: *Opuntia vulgaris*; e – microblaste spiniforme: *Prunus spinosa*; f – cârcei: *Vitis vinifera*; bl. – bulbile; cld. – cladodii; cr. – cârcei; fcl. – filocladii; fr. – fructe; fz. – frunze (mb. – membranoase); mg. – muguri, sp. – spini; tb. – tuberule (Toma et al., 2003)



Fig. 126. Bulbile la *Dentaria bulbifera*
(original – etimologia numelui speciei este relevantă)

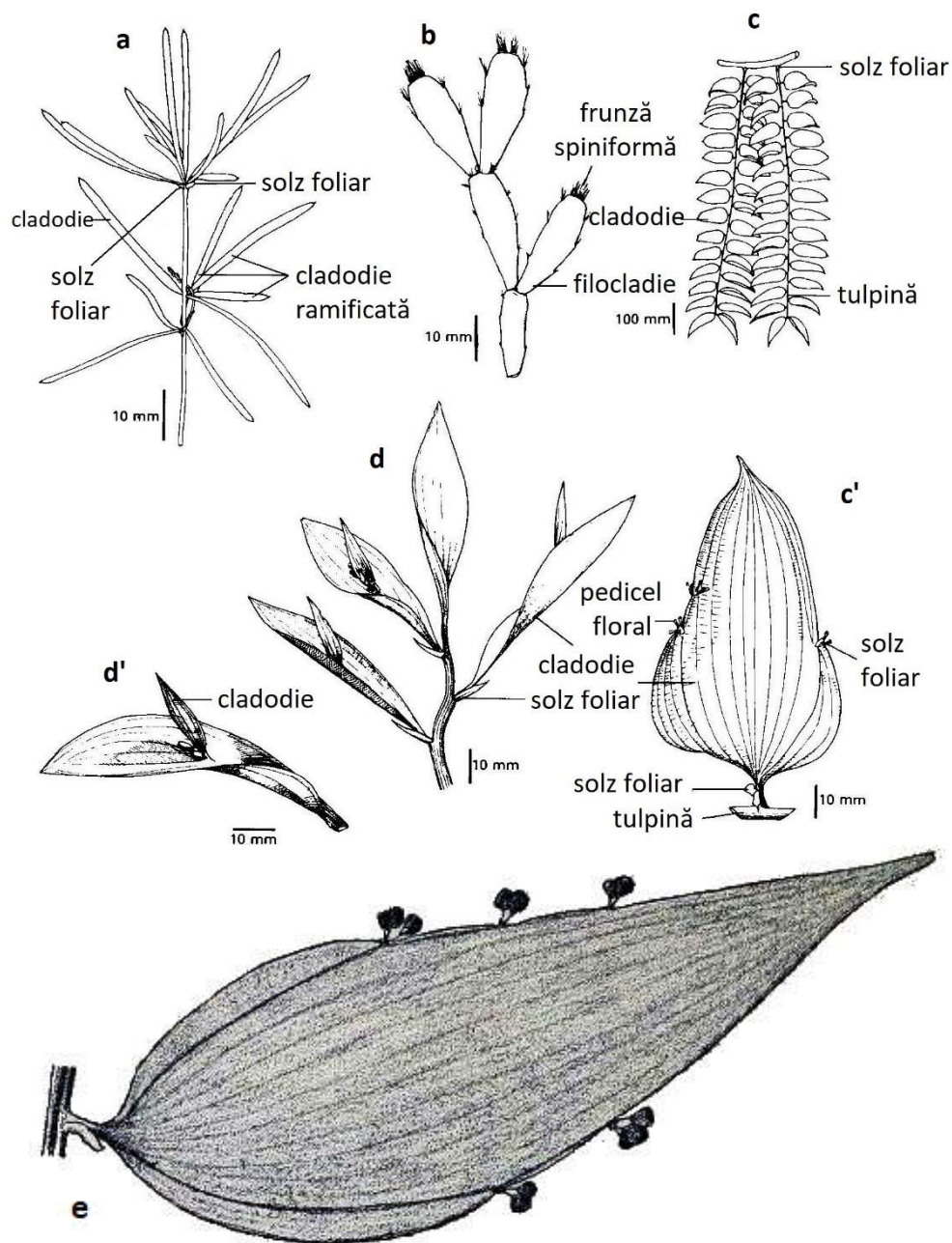


Fig. 127. Tulpini verzi aplatizate (cladodii) în axilele frunzelor solzoase; a – *Asparagus densiflorus*; b – *Rhipsalidopsis rosea*; c, c', e – *Semele androgyna*; d, d' – *Ruscus hypoglossum* (Bell, 1991; Reinke, 1897)

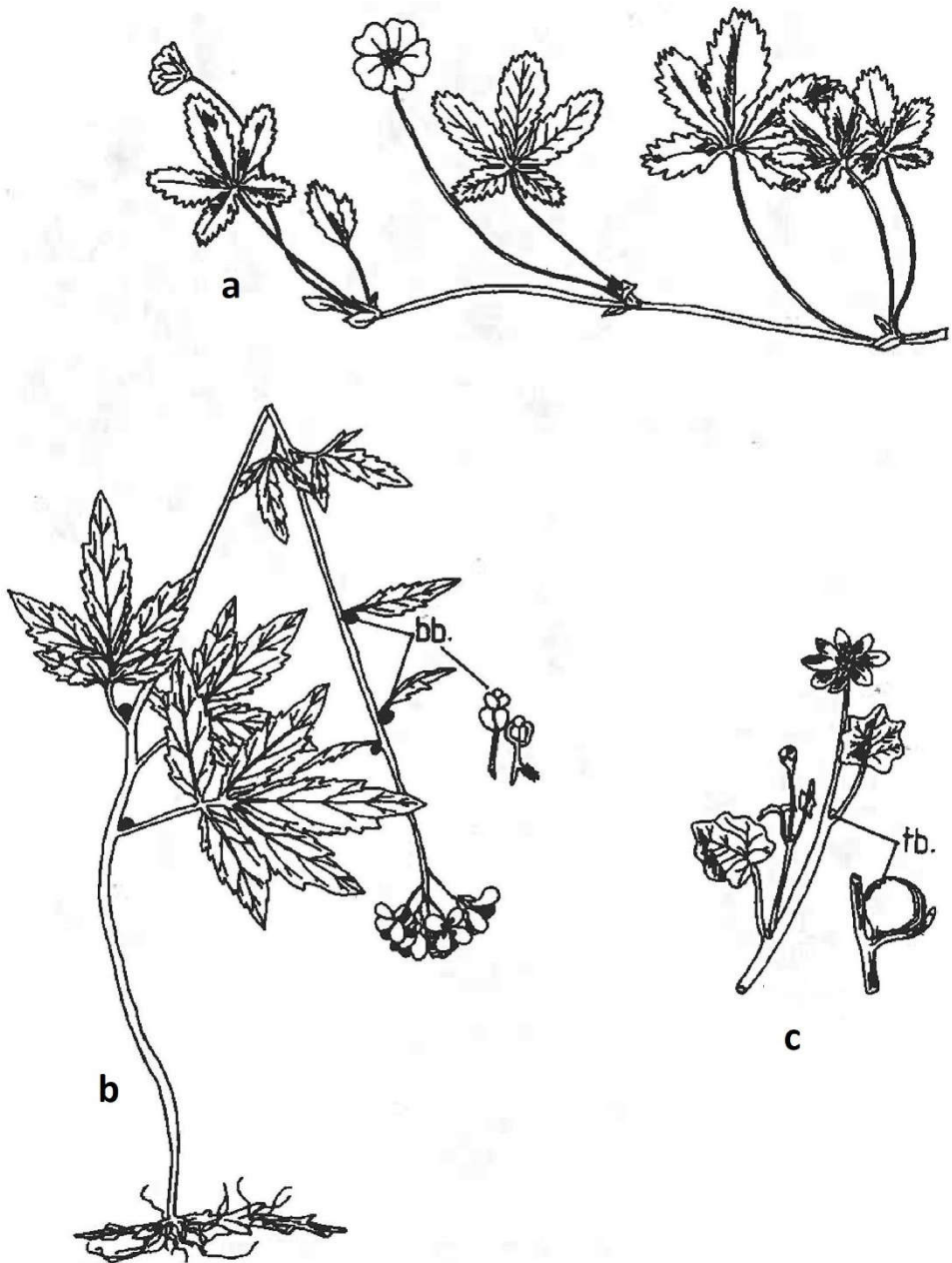


Fig. 128. Tipuri de tulpini metamorfozate aeriene: a – stoloni: *Potentilla reptans*; b – bulbile (bb.) – *Dentaria bulbifera* (a se reține etimologia numelui speciei); c – tuberule (tb.): *Ranunculus ficaria* (Toma et al., 2003)

- bulb tunicat: frunzele se acoperă complet unele pe altele: ceapă – *Allium cepa* – fam. *Liliaceae* (Fig. 129d).

- bulb solzos: frunzele se acoperă parțial unele pe altele: crin – *Lilium candidum* – fam. *Liliaceae* (Fig. 129e).

La usturoi (*Allium sativum*) (Fig. 132, A–B) la subsuoara frunzelor se dezvoltă muguri axilari ce devin bulbili numiți „căței”, iar totalitatea lor alcătuiesc întregul bulb ce poartă numele de „căpățână” (Toma *et al.*, 2003).

Separat de tuberculii propriu-ziși, se poate discuta și despre tulpinile tuberizate (Fig. 133), care sunt importante, printre altele, din punct de vedere ecologic; ne reamintim că am discutat anterior despre rădăcini metamorfozate tuberizate, precum și despre lignotuberculi.

O tulpină tuberizată este un lăstar umflat, de obicei subteran, care poartă solzi foliari, fiecare purtând unul sau mai mulți muguri care dau naștere la lăstarii vegetativi. Prezența frunzelor sau a cicatricilor foliare permite deosebirea unei tulpini tuberizate de o rădăcină tuberizată (a se vedea secțiunea dedicată rădăcinilor tuberizate). De obicei, o tulpină tuberizată se formează prin umflarea capătului distal al unui rizom subteran subțire și astfel nu formează o unitate a unei secvențe simpodiale, așa cum se este cazul în mod obișnuit la un rizom. Cu toate acestea, distincția dintre o tulpină tuberizată și rizom nu este întotdeauna facilă. Un tubercul de cartof (*Solanum tuberosum*), de exemplu, va produce o serie de tuberculi suplimentari dacă este forțat să se dezvolte în absența apei. Tulpinile tuberizate supraviețuiesc în mod normal mai mult decât planta principală și încolțesc la nivelul mugurilor axilari în condiții favorabile; de asemenea, vor dezvolta și rădăcini adventive.

Tulpinile tuberizate apar pe lăstarii aeriени ai unor plante (de obicei, plante cățărătoare) și sunt ușor de detașat, apoi producând rădăcini adventive și o nouă creștere vegetativă și pot reprezenta fie muguri axilari detașabili, fie noduri umflate, la *Ceropegia woodii*, sau o pereche de internoduri ca la *Vitis gongylodes* și *Cissus tuberosa* (Fig. 133a).

Câteva plante lemnoase, care pot avea sau nu potențialul de a atinge proporțiile unui arbore, formează umflături relativ mari ale tulpinii la sau sub nivelul solului. Acestea sunt caracteristici deosebit de tipice ale multor specii de eucalipt și sunt numite lignotuberculi (Fig. 134), pe care i-am menționat și la capitolul dedicat rădăcinilor tuberizate. Un lignotubercul încorporează multe grupe (fascicule) de muguri latenți localizați în ritidomă. Aceste aglomerări de muguri vor genera grupuri de lăstari noi după condiții nefavorabile, cum ar fi focul în cazul eucaliptului.

Producerea de lăstari noi provenind din muguri dorminzi (epicormici) este denumită, generic, *ramificare epicormică*, care, alături de lignotuberculi, reprezintă o sursă foarte importantă de regenerare a plantei în urma incendiilor de vegetație.

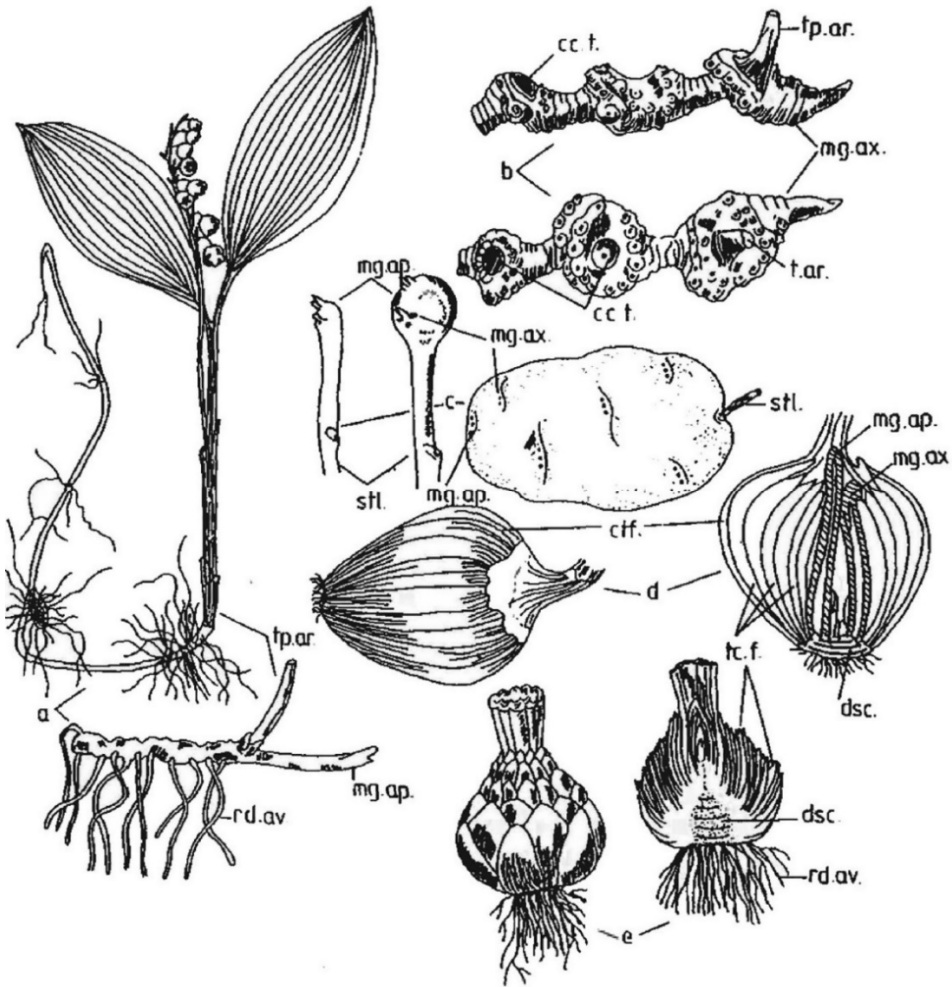


Fig. 129. Tipuri de tulpini metamorfozate subterane; a – rizom monopodial: *Convallaria majalis*; b – rizom simpodial: *Polygonatum officinale* (sus: văzut lateral; jos, văzut de față); c – tubercul: *Solanum tuberosum* (stânga, începutul tuberizării; dreapta, ansamblu); d – bulb tunicat: *Allium cepa* (stânga, ansamblu; dreapta, secționat longitudinal); e – bulb solzos: *Lilium candidum* (stânga, ansamblu; dreapta, secționat longitudinal); cc. t. – cicatrici ale tulpinii; ctf. – catafile (solzi); dsc. – disc bazal; mg. – mugur (ap. – apical; ax. – axilar); rd. av. – rădăcini adventive; stl. – stoloni; tc. f. – teci foliare cărnoase; tp. ar. – tulpină aeriană (Toma *et al.*, 2003)

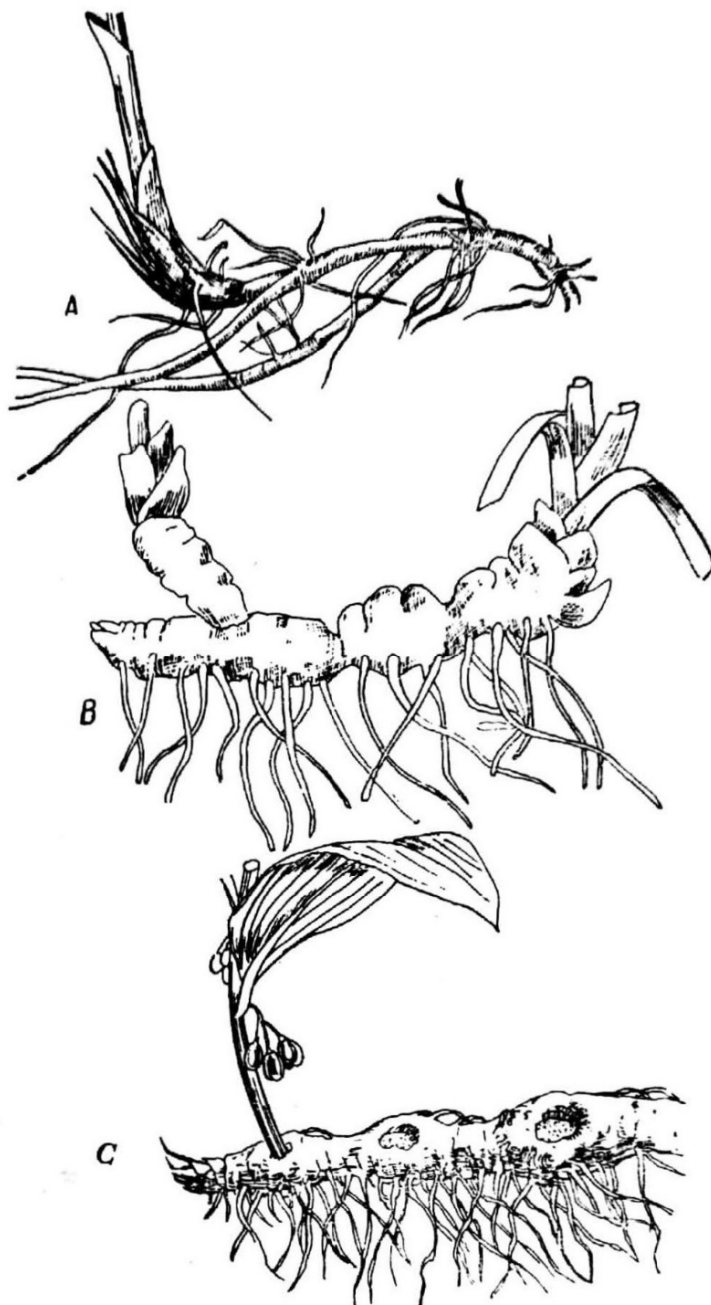


Fig. 130. Tipuri de rizomi plagiotropi: A – lăcrămioară (*Convallaria majalis*); B – stânjenel (*Iris germanica*); C – pecetea lui Solomon (*Polygonatum officinale*) (Răvăruț și Turenschi, 1973)

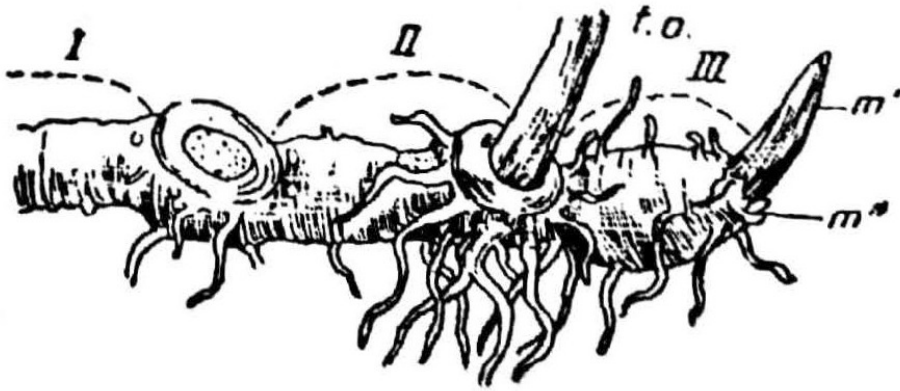


Fig. 131. Rizom cu creștere definită și cu ramificare simpodială, la pecetea lui Solomon (*Polygonatum officinale*): I, II, III – articule de creștere anuală a rizomului; t.a. – tulpina aeriană; m' – mugurul din care se va dezvoltă tulpina aeriană în anul următor; m'' – mugurul din care va rezulta un nou articol al rizomului (Răvăruț și Turenschi, 1973)

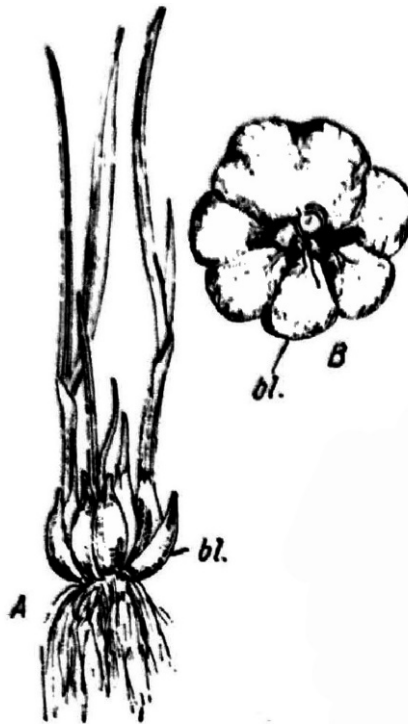


Fig. 132. Bulb de usturoi (*Allium sativum*) format din bulbili (bl.); A – aspect general; B – același bulb în secțiune transversală (Răvăruț și Turenschi, 1973)

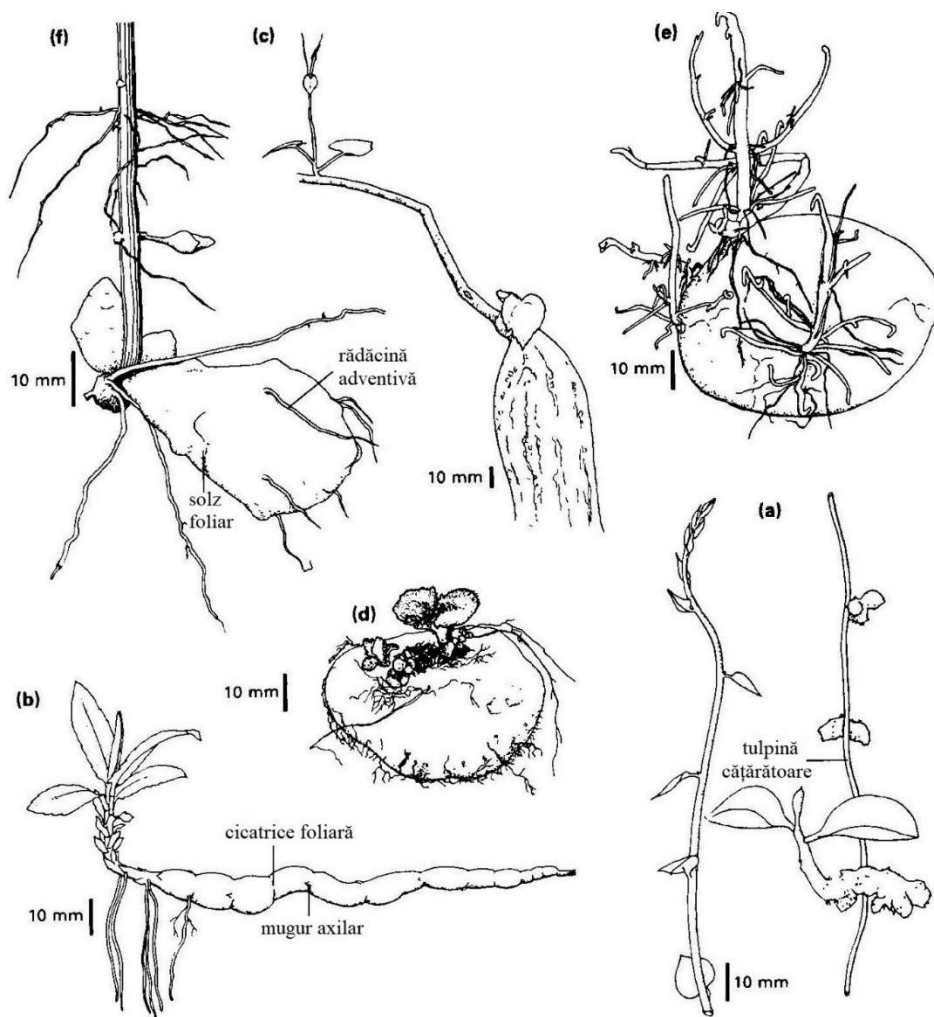


Fig. 133. Tulpini tuberizate: a – *Anredera gracilis*, tuberculi localizați pe tulpina aeriană câțărătoare; b – *Ballota nigra*, tulpină subterană umflată; c – *Cissus tuberosa*, parte a tulpinii umflate aeriene; d – *Sinningia speciosa*, tulpină tuberizată încolțită; e – *Solanum tuberosum*, tulpină tuberizată încolțită; f – *Helianthus tuberosus*, tulpină subterană umflată (Bell, 1991)



Fig. 134. *Eucalyptus* sp. – tulpină persistentă lemnoasă (lignotubercul) care poartă numeroase fascicule de muguri latenți (stânga); *Cissus tuberosa* – internoduri umflate ce formează o tulpină tuberizată (dreapta) (Bell, 1991)

III. Tulpini acvatice

A) **natante:** plutitoare, nefixate – lintiță (*Lemna gibba*, fam. *Lemnaceae* – Fig. 135a; peștișoară – *Salvinia natans*, fam. *Salviniaceae* – Fig. 135b).

B) **submerse:** scufundate în apă:

- neînrădăcinate (otrățel – *Utricularia vulgaris* – fam. *Lentibulariaceae* – Fig. 135c).
- înrădăcinate (sârmuliță – *Vallisneria spiralis* – fam. *Hydrocharitaceae* – Fig. 135d; penița apei – *Myriophyllum spicatum* – fam. *Haloragaceae* – Fig. 136a).
- înrădăcinate și cu frunze natante (nufăr alb – *Nymphaea alba*, fam. *Nymphaeaceae*; pașă – *Potamogeton crispus*, fam. *Potamogetonaceae* – Fig. 136b).

C) **amfibii:** parțial submerse, parțial aeriene (limbariță – *Alisma* sp.; săgeata apei – *Sagittaria sagittifolia* – fam. *Alismataceae* – Fig. 136c; papură – *Typha* sp. – fam. *Typhaceae*; stuf – *Phragmites* sp. – fam. *Poaceae*) (Toma *et al.*, 2003).

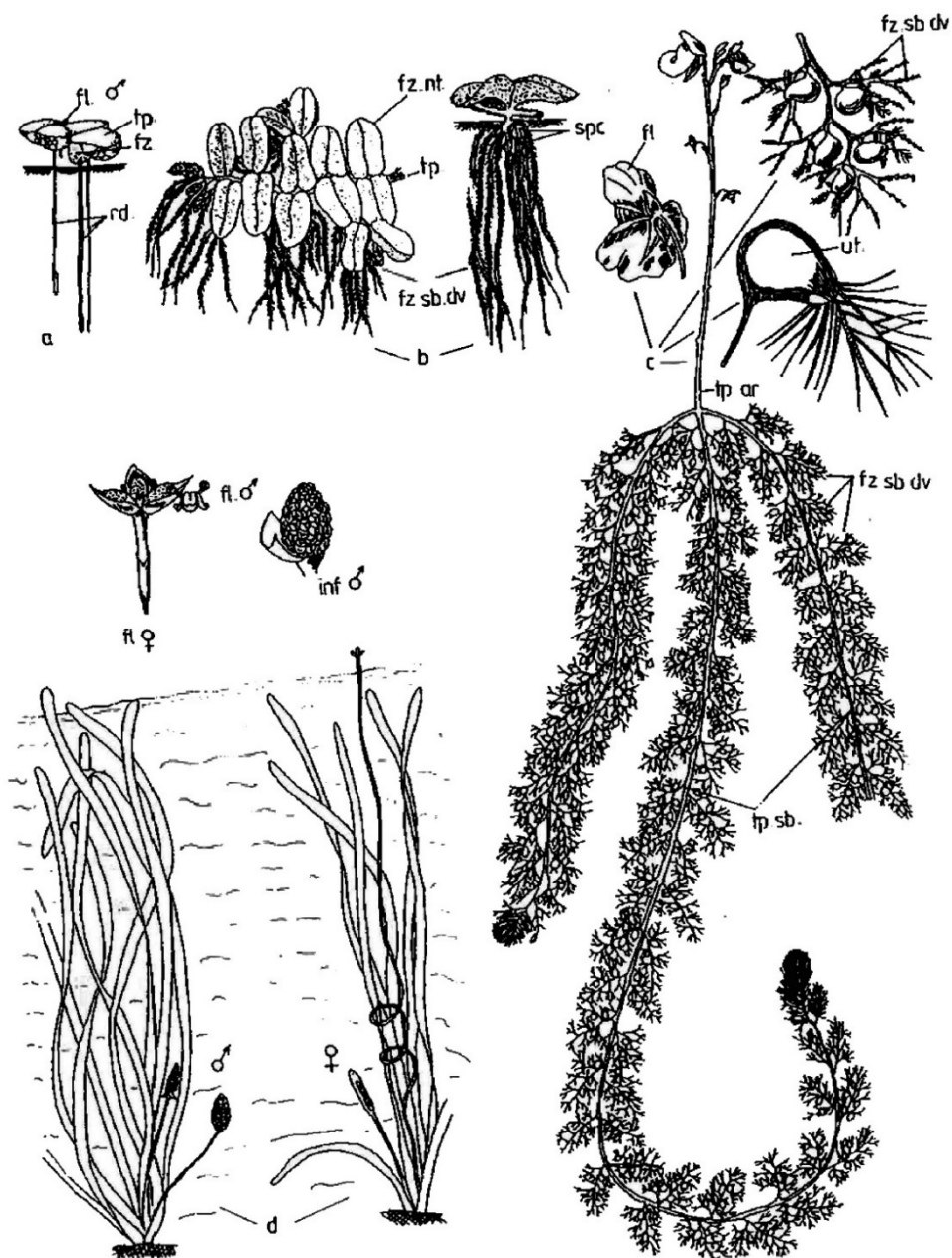


Fig. 135. Tipuri de tulpini acvatice – natante: a – *Lemna gibba*; b – *Salvinia natans*; submerse: c – *Utricularia vulgaris*; d – *Vallisneria spiralis*; fl. – flori; fz. – frunze (ar. – aeriene, nt. – natante; sb. dv. – submerse divizate); inf. – inflorescență; rd. – rădăcini; spc. – sporocarp; tp. – tulpină (ar. – aeriană, sb. – submersă); ut. – utriculi (Toma *et al.*, 2003)

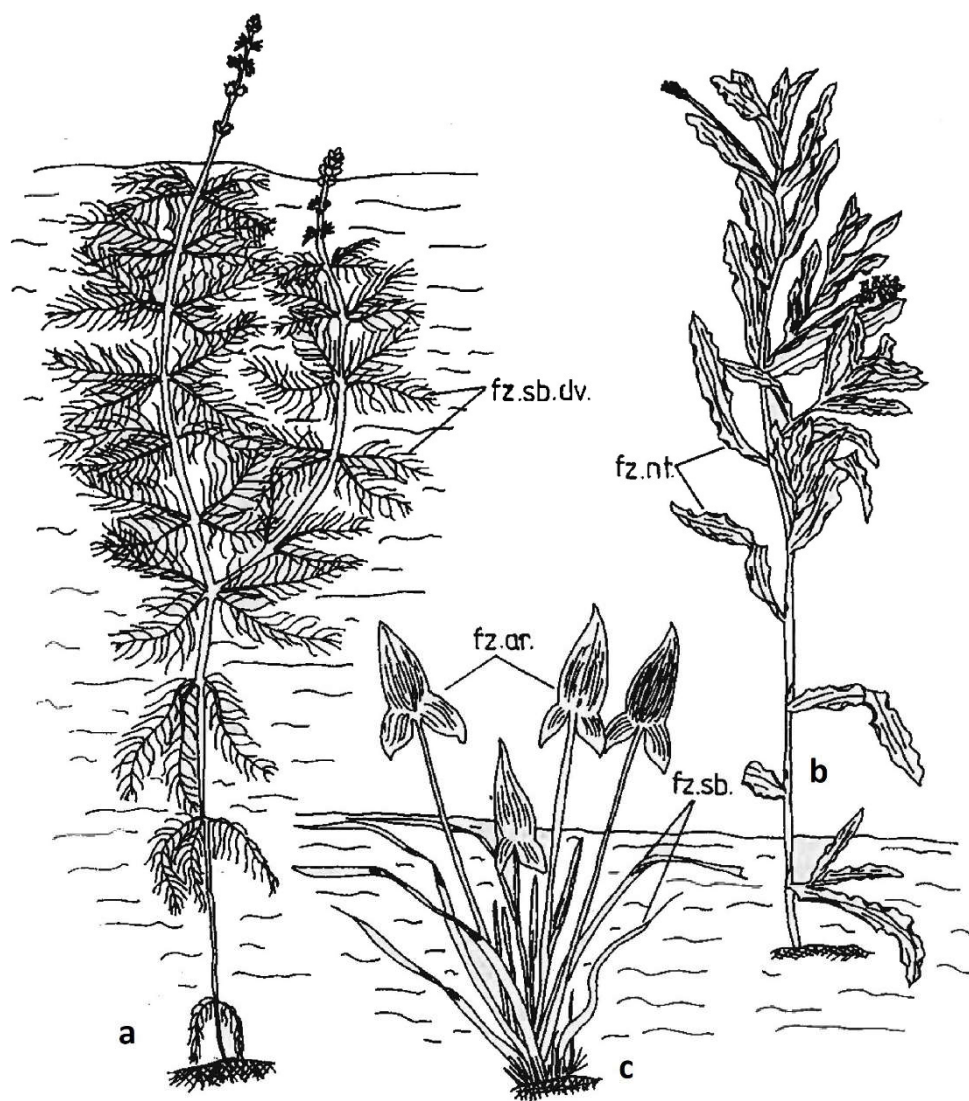


Fig. 136. Tipuri de tulpini acvatice – submerse: a – *Myriophyllum spicatum*; b – *Potamogeton crispus*; amfibii: c – *Sagittaria sagitifolia*; fl. – flori; fz. – frunze (ar. – aeriane, nt. – natante, sb. dv. – submerse divizate, sb. – submerse); rd. – rădăcini; spc. – sporocarpi; tp. – tulpină (ar. – aeriană, sb. – submersă); ut. – utriculi (Toma *et al.*, 2003)

TULPINA – ASPECTE ECOLOGICE

Din punct de vedere ecologic, tulpinile verticale sunt în mare parte corelate cu expunerea la lumină a aparatului foliar (frunzișului) și conducerea sevei brute de la rădăcini la frunze și a sevei elaborate de la frunze la regiunile de creștere și la organele de depozitare. Tulpinile prostrate și alte tulpini orizontale sunt adaptate, adesea, pentru funcția de reproducere vegetativă. Tulpinile pot servi și ca organe de depozitare. Am menționat, la partea generală, faptul că tulpinile prezintă o mare diversitate și plasticitate morfologică, suferind și numeroase metamorfoze; majoritatea dintre acestea sunt, firește, corelate cu unele implicații ecologice, cum ar fi cele legate de competiția pentru lumină – mai ales la plantele din pădurile tropicale, după cum vom vedea, – și pentru resursele de hrană.

Sintetic, aspectele ecologice referitoare la tulpină pot fi reduse la câteva idei generale:

1. **Susținerea frunzișului și expunerea acestuia la lumină.**
2. **Înmulțirea vegetativă.** La plantele superioare, aceasta are loc aproape în întregime prin intermediul tulpinilor. Cel mai comun și mai eficient tip de tulpină din acest punct de vedere este rizomul, despre care am văzut că este o tulpină subterană (metamorfozată). La unele plante, cum ar fi majoritatea ferigilor, rizomul constituie întregul sistem de tulpini al plantei. Ecologia rizomilor este foarte importantă, oferind plantelor avantaje adaptative în anumite condiții de mediu, cum ar fi cele mlăștinoase, sărate, nisipoase, atât prin morfologia lor, dar, mai ales, prin structura lor anatomică (Grigore și Toma, 2017; Grigore *et al.*, 2014; Grigore și Toma, 2020). Unii rizomi sunt practic neramificați, în timp ce alții se ramifică destul de mult. În orice caz, este caracteristic rizomilor că se alungesc în fiecare an și astfel avansează pe un nou teritoriu pe care îl pot ocupa. Frecvent, părțile mai vechi mor în fiecare an la fel de repede cum se alungesc părțile mai noi, și aceasta, în cazul rizomilor ramificați, are ca rezultat multiplicarea indivizilor. Această înmulțire a indivizilor nu este însă atât de importantă ca extinderea într-un teritoriu nou. Faptul că rizomul este subteran face posibil ca acesta să avanseze într-o zonă care este deja ocupată de plante, aproape la fel de ușor ca într-unul care nu este atât de ocupat. Drajonii seamănă foarte mult cu rizomii, cu excepția faptului că cresc deasupra suprafeței solului. Nu sunt atât de comuni și nici atât de eficienți ca rizomii, deși unele plante, cum ar fi căpșunii, sunt capabile să se răspândească foarte rapid prin intermediul acestora.
3. **Țesuturile conducătoare** – sunt implicate, cum am mai spus, în conducerea sevei brute în sens ascendent, și a celei elaborate, în sens descendent.

Dezvoltarea țesuturilor conducătoare în cadrul tulpinilor, și al tuturor organelor, la modul general, este destul de variabilă; țesutul conducător este mult redus sau practic absent la plantele acvatice superioare submerse. În cazul plantelor amfibii, indivizi diferiți ai acelorași specii, sau chiar părți diferite ale aceluiași individ se pot deosebi mult în ceea ce privește dezvoltarea țesuturilor conducătoare, acestea fiind mult mai puțin dezvoltate la cele care cresc în apă decât la cele proiectate în aer. Mai mult, se constată că, la plantele terestre, cantitatea (ponderea) maximă de țesuturi conducătoare apare la cele care cresc în situații foarte uscate și că, cu cât mediul este mai umed, cu atât acest țesut este mai puțin dezvoltat. Acest efect se vede și în inelele anuale de creștere din lemnul arborilor, de regulă, inele mult mai groase producându-se în anii umezi decât în anii secetoși.

4. **Țesuturile mecanice.** Există mai multe tipuri de țesuturi și formațiuni mecanice (colenchim, sclerenchim, fibre, sclereide), distribuția și ponderea lor fiind diferite în cadrul diferitelor organe ale plantelor, dar și în funcție de diverse categorii ecologice de plante. De exemplu, celulele de colenchim apar în multe tulpini erbacee, în pețiolul frunzelor și în tulpinile lemnoase tinere, de obicei chiar în țesuturile localizate sub epidermă. Acestea sunt celule vii, conțin adesea cloroplaste și pot îndeplini și alte funcții, în afara celor strict mecanice. De regulă, țesuturile mecanice sunt dispuse în organele plantelor în ceea ce pare a fi cel mai eficient mod pentru viața plantelor. O tulpină verticală trebuie să aibă țesut mecanic plasat acolo unde va produce rigiditate și va împiedica tulpina să fie prea ușor îndoită de vânt. Acesta este cazul general al unei coloane verticale care este îndoită, și la care, dacă nu se rupe, trebuie să existe o întindere pe o parte și o compresie pe cealaltă. Atât compresia, cât și întinderea scad spre centru până când devin reduse practic la zero în centrul coloanei. Prin urmare, țesutul mecanic localizat chiar în centru nu ar produce rigiditate și este un fapt bine cunoscut că țesutul mecanic este foarte rar găsit în centrul unei tulpini. Centrul este umplut cu măduvă, iar țesutul mecanic este aproape de exterior. Mai mult, din perspectiva ingineriei mecanice, cel mai economic mod de a construi o coloană, adică modalitatea de a obține o rezistență maximă proporțional cu materialul folosit, este ca aceasta să fie goală în interior, dar cu un perete a cărui grosime să fie egală cu aproximativ o șeptime din diametrul total al coloanei. În lumea vie, se constată că multe tulpini erbacee se conformează îndeaproape acestui principiu mecanic, având stratul de țesut de susținere egal ca grosime cu aproximativ o șeptime din diametrul tulpinii. Tulpinile care sunt pătrate în secțiune transversală, cum este cazul speciilor de labiate (fam. *Lamiaceae*), au adesea cea mai mare parte a țesutului mecanic (colenchim) localizat în unghiurile (colțurile) organului și aceasta este, desigur, cea mai eficientă localizare pentru țesutul mecanic (Fig. 137).

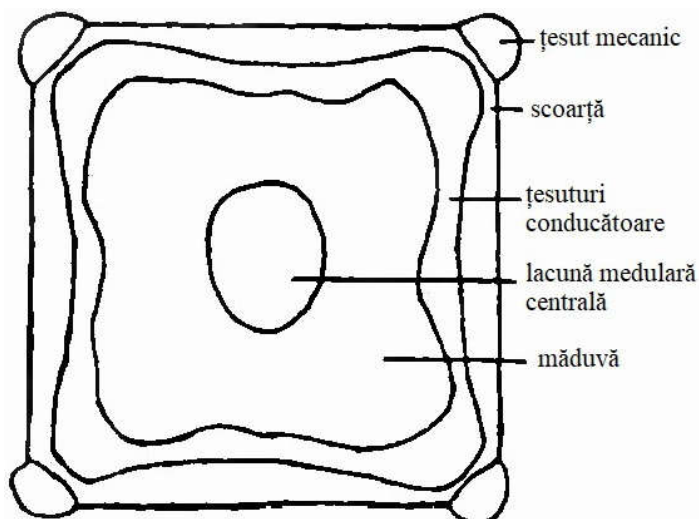


Fig. 137. Localizarea țesuturilor mecanice la colțurile (unghiurile) tulpinii – labiate, caz general; schemă generală (McDougall, 1941)

Ca și în cazul țesuturilor conductoare, principalul factor care influențează dezvoltarea țesuturilor mecanice este apa sau, mai degrabă, lipsa apei. Multe plante acvatice submerse sunt aproape în întregime lipsite de țesuturi mecanice; în principiu, astfel de plante se pot prăbuși complet imediat ce sunt scoase din apă. Toate plantele superioare care nu sunt acvatice au totuși țesuturi mecanice și acestea ating dezvoltare maximă la plantele care cresc în regiunile deșertice (xerofite, în sens larg) (Grigore și Toma, 2020).

5. **Țesuturile protectoare.** Cel mai mare pericol la care sunt supuse majoritatea plantelor terestre este pierderea prea mare de apă. În timp ce rădăcinile sunt mai bine protejate decât majoritatea tulpinilor în virtutea poziției lor (desigur, este vorba de cazul general, al rădăcinilor subterane), tulpinile sunt mai bine protejate structural decât orice altă parte a plantei, cu excepția semințelor. Cele mai importante țesuturi de protecție ale tulpinilor sunt epiderma la tulpinile erbacee și cele lemnoase tinere și suberul la tulpinile mai bătrâne. Epiderma constă de obicei dintr-un singur strat de celule ai căror pereți exteriori sunt impermeabilizați printr-un depozit de cutină care formează un înveliș care se numește cuticulă. Cutina nu se depune probabil niciodată decât pe pereții expuși la aer. Prezența aerului, însă, este cel mai probabil un factor indirect, factorul direct fiind evaporarea sau deshidratarea, deoarece cuticula este cel mai puternic dezvoltată acolo unde există expunere liberă în situații uscate. La tulpinile perene, epiderma de obicei se rupe în timpul celui de al doilea sau al treilea an, iar funcția sa este preluată de un complex de țesuturi numite în mod obișnuit ritidomă

(popular numită „scoară” – a nu se confunda cu scoarța propriu-zisă, ca regiune anatomică din structura tulpinii). Aceasta constă în mare parte din floem și suber, iar suberul îl face, în principal, un strat protector eficient. Suberul este un țesut ai cărui pereți celulari sunt impermeabilizați printr-un depozit de suberină. La fel ca și în dezvoltarea cuticulei, factorul principal în formarea suberului pare să fie deshidratarea.

6. **Forma (portul) tulpinilor.** Ca principiu general, la plantele cu frunziș, cea mai mare pierdere a apei are loc prin frunze. Din acest motiv, diferitele modele de creștere și de dispunere a frunzișului au ca rezultat grade diferite de protecție împotriva pierderii excesive de apă.

Există mai multe sisteme de clasificare a plantelor (tulpinilor), majoritatea ținând cont de forma părții supraterane, adesea în raport și cu forma și mărimea frunzelor, toate în raport cu principiul conservării apei în corpul plantei, sau, altfel spus, cu menținerea balanței hidrice a plantei. Prezentăm în rândurile de mai jos un sistem de clasificare a plantelor lemnoase, pe baza portului (forma generală) tulpinii; ceva mai jos, vom prezenta și un alt sistem de clasificare a formei tulpinilor, întâlnite la xerofite (Warming, 1909; 1918).

I. Tipuri de plante lemnoase

- a. *Arbori și arbuști tropicali veșnic verzi.* Acestea sunt singurele plante despre care se poate spune că au un frunziș veșnic (nelimitat). Ele cresc în pădurile tropicale de la tropice, unde clima uniformă și umiditatea mereu abundentă fac protecția inutilă. Condițiile de creștere într-un astfel de loc sunt în multe privințe considerate ideale, iar vegetația este foarte luxuriantă. Tulpinile de bambus din aceste păduri sunt printre cele cu creșterea cea mai rapidă. Se consideră că uneori cresc aproape 30 de cm pe zi. Pe de altă parte, însă, dezvoltarea luxuriantă a vegetației provoacă o competiție intensă pentru spațiu.
- b. *Arbori și arbuști sclerofili veșnic verzi.* La acest grup, epiderma frunzelor este compusă din celule cu pereți groși (sclerenchim) cu o cuticulă foarte groasă (*sklēros*, gr. – dur, tare; *phyllon*, gr. – frunză). O astfel de epidermă face frunza rigidă și cu aspect pielos (coriaceu). Plantele sclerofile sunt de două tipuri generale. În regiunile cu veri calde, uscate și ierni blânde și umede, ca în unele părți din sudul Californiei, vegetația sclerofilă cuprinde specii cu frunze lățite și aplatizate. Exemple de acest tip sunt speciile de *Ilex*, *Quercus virginiana*, măslinul, *Ceanothus cuneatus* (Fig. 138). În regiunile cu ierni reci, pe de altă parte, găsim plante sclerofile cu frunzele în formă aciculară, ca la pini și molizi. În ambele cazuri, avantajul portului sclerofil este că, odată cu protecția oferită de epiderma groasă, aceste plante sunt capabile să-și etaleze frunzișul în orice moment și, astfel, să deruleze fotosinteza pe tot parcursul anului. În același timp, există și dezavantajul că

acest tip de frunză, care reduce efectiv rata de transpirație, reduce și rata schimbului de gaze și, deci, viteza fotosintezei. Prin urmare, plantele nu sunt niciodată capabile să producă „hrană” atât de rapid ca cele aparținând vegetației tropicale.



Fig. 138. *Ceanothus cuneatus*, California, sclerofilă cu frunze late (McDougall, 1941)

- c. *Arbori și arbuști veșnic verzi fără frunze.* Aceste plante sunt mai bine protejate decât plantele sclerofile, deoarece suprafața prin care se poate pierde apa este foarte mult redusă. Deoarece nu au frunze, fotosinteza trebuie făcută de tulpini, iar suprafața pentru schimbul de gaze pentru această activitate este, de asemenea, mult redusă. Astfel de plante nu pot produce rapid carbohidrați și, prin urmare, nu pot crește repede. Exemple de arbori veșnic verzi fără frunze sunt cactușii giganti și alți cactuși mari din deșerturile americane și euforbiacee mari din deșerturile africane (Fig. 139).



Fig. 139. *Lophocereus schottii*, cactus veșnic verde,ofil; Arizona (McDougall, 1941)

- d. *Arbori și arbuști de foioase* (cu frunze căzătoare). Se spune despre aceste plante lemnoase care își leapădă frunzele la începutul unui sezon uscat sau rece (secetos din punct de vedere fiziologic) că sunt specii foioase. Astfel de plante, în anotimpurile favorabile, sunt la fel de bine adaptate pentru o eficiență maximă în fotosinteză ca și plantele veșnic verzi tropicale, în timp ce, în anotimpurile nefavorabile, sunt mai bine protejate decât oricare dintre plantele veșnic verzi, cu excepția, poate, a unora dintre cele fără frunze. Acestea sunt considerate, desigur, avantaje evidente. Pe de altă parte, arborii și arbuștii de foioase se află într-un anumit dezavantaj, deoarece trebuie să cheltuiască multă energie în construirea unui set complet nou de frunze la începutul fiecărui sezon de creștere și, de asemenea, prin faptul că nu au posibilitatea să producă substanțe glucidice în timpul sezonului nefavorabil, chiar dacă pot exista, de altfel, unele zile foarte favorabile.
- e. *Plante erbacee veșnic verzi*. Există diferite tipuri de plante erbacee veșnic verzi. Unele, care sunt veșnic verzi pe timpul iernii, au frunze sclerofile, în timp ce altele, cum ar fi specii de *Taraxacum*, au frunze care nu sunt protejate de structura tipic sclerofilă. Există, de asemenea, câteva plante erbacee veșnic verzi, fără frunze, cum ar fi specii de *Opuntia*. În toate cazurile, acestea sunt mai bine protejate decât arborii și arbuștii veșnic verzi

corespunzători, din cauza staturii lor mici. Plantele erbacee fără frunze pot suporta expunere completă, dar majoritatea celor care au frunze cresc în locuri unde primesc o anumită protecție din partea frunzelor căzute ale altor plante sau prin acoperirea de zăpadă.

- f. *Plante erbacee cu frunze căzătoare.* Acestea sunt plante perene la care toate părțile aeriene mor la începutul unui sezon nefavorabil. La unele specii, cum ar fi *Sanguinaria canadensis*, doar frunzele sunt căzătoare, dar, la un anumit număr de specii, există tulpini aeriene care mor și ele în fiecare an. Din acest punct de vedere, se poate vorbi despre căderea tulpinii, precum și despre căderea frunzelor. Aceste plante, din moment ce supraviețuiesc sezonului nefavorabil ca structuri subterane, sunt extrem de bine protejate, dar trebuie să deruleze multe procese fiziologice la începutul fiecărui sezon de vegetație și, desigur, nu își pot expune frunzișul la fel de eficient ca plantele cu tulpini aeriene perene.
- g. *Plante anuale.* Plantele anuale sunt mai bine protejate în timpul anotimpurilor nefavorabile decât oricare alte tipuri, deoarece supraviețuiesc acestor anotimpuri doar ca semințe. În timpul sezonului de vegetație, însă, aceste plante sunt practic fără protecție, dar acest lucru nu este neapărat un dezavantaj. Principalul dezavantaj al portului (tipului) anual este necesitatea reconstruirii întregii plante în fiecare an.
- 7. **Tulpinile, ca organe de depozitare.** Tulpinile sunt aproape la fel de importante ca organele de depozitare precum sunt rădăcinile. Una dintre cele mai vizibile caracteristici structurale ale tulpinilor plantelor acvatice este prezența unui aerenchim bine dezvoltat, unde oxigenul și dioxidul de carbon se acumulează în cantități considerabile. Pe de altă parte, cactușii și multe alte plante care cresc în locuri uscate, fizic sau fiziologic, sunt caracterizate prin tulpini cărnoase care acumulează apă; este vorba despre plantele suculente. Substanțele de rezervă se acumulează în cantități mai mari sau mai mici, practic, în toate tipurile de tulpini. Acestea se depozitează mai ales în țesuturile parenchimului cortical, razele medulare, măduvă și lemn. Aceste substanțe constau în mare parte din carbohidrați, în principal amidon.
- 8. **Variații în forma tulpinilor.** Tulpinile diferitelor tipuri de plante variază foarte mult ca formă și dimensiune; aceste diferențe sunt în mare măsură moștenite, dar există, de asemenea, variații foarte mari în ceea ce privește tulpinile indivizilor din aceeași specie, care se datorează factorilor externi ai mediului.

II. Forma tulpinilor la xerofite – în relație cu habitatele xerice (uscate)

Tulpini cu frunze foarte reduse sau caduce se întâlnesc la multe xerofite. În acest caz, frunzișul dispare, iar funcțiile aparatului foliar sunt preluate de tulpină,

care produce parenchim palisadic. Epiderma tulpinii în acest caz funcționează timp de mai mulți ani. Astfel de tulpini afile prezintă mai multe forme (Warming, 1909; 1918):

1. *Tulpină aripată (lățită)* este adesea afilă, iar lumina atinge țesutul său asimilator la unghiuri potrivite. Acest tip se întâlnește la: *Baccharis triptera* (Fig. 140), *Genista sagittalis*, *Muehlenbeckia platyclada* (Fig. 141), *Carmichaelia australis* (Fig. 142), *Colletia* (Fig. 143).

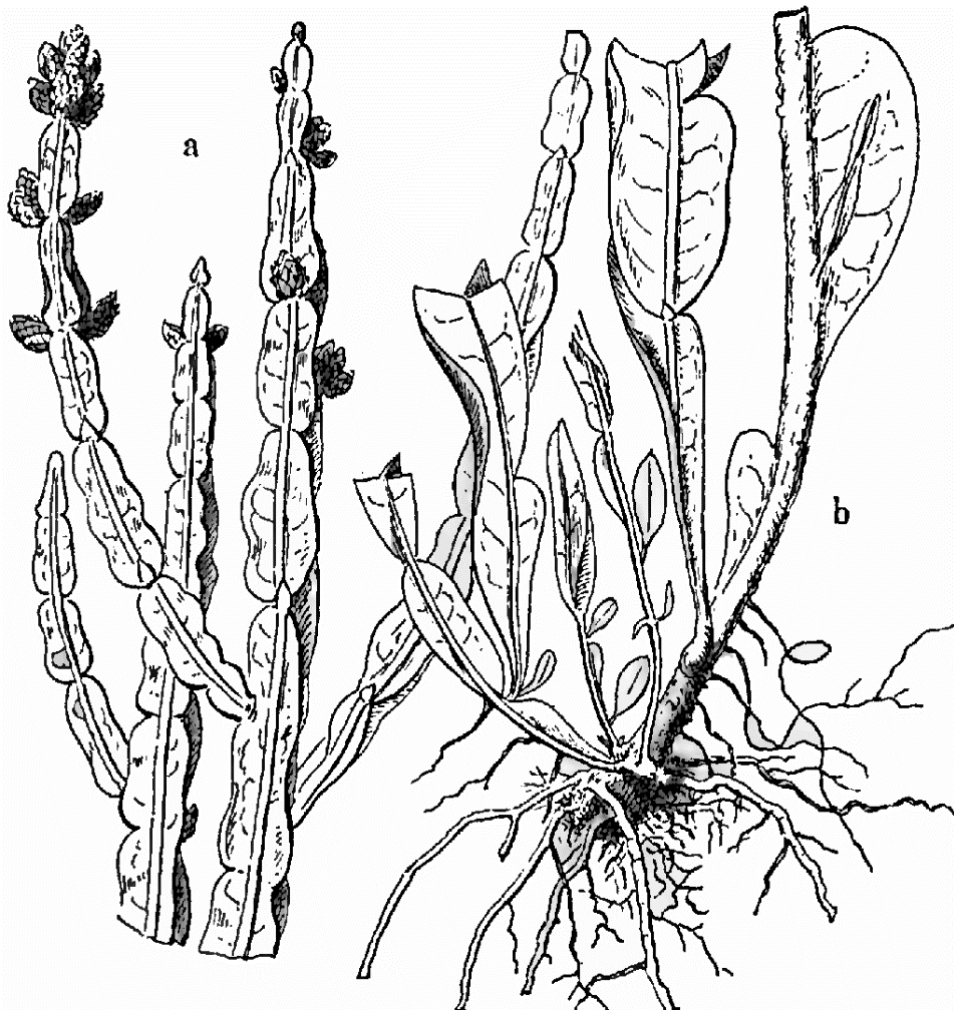


Fig. 140. *Baccharis triptera* (Warming, 1918)

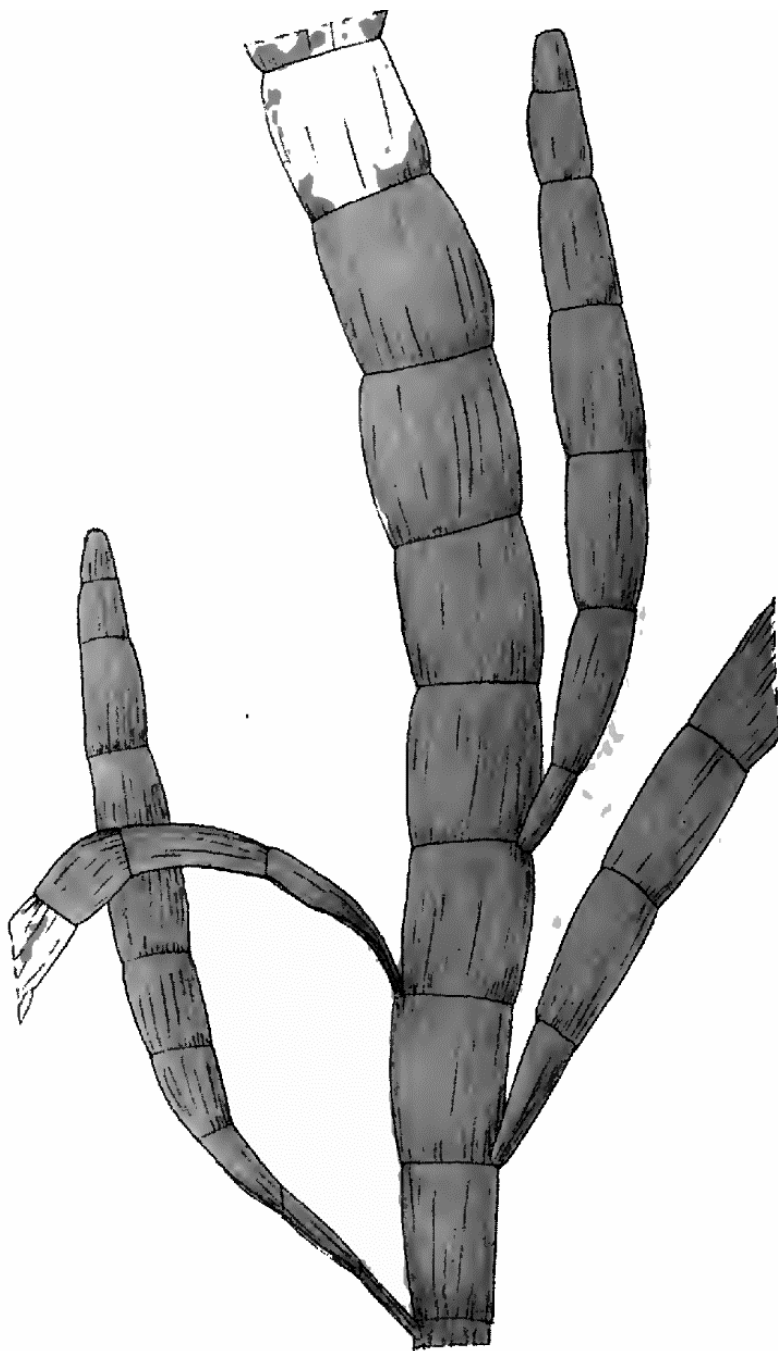


Fig. 141. *Muehlenbeckia platyclada* (Warming, 1918)

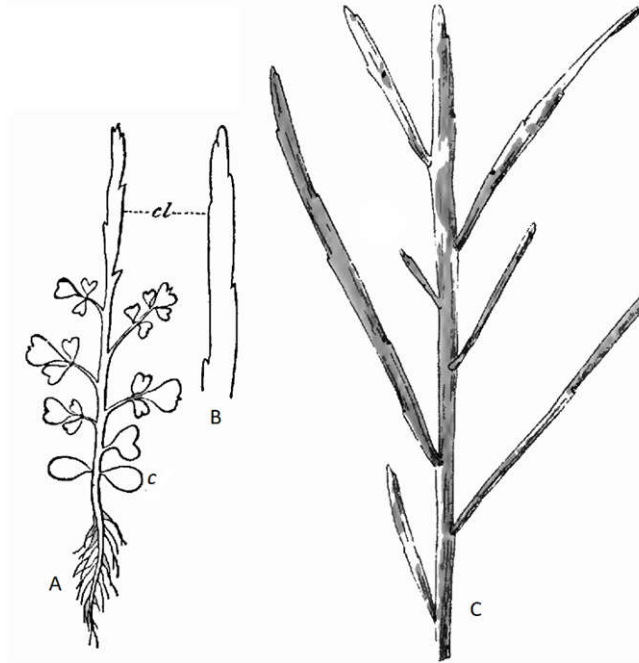


Fig. 142. *Carmichaelia australis*; A – plantulă; B – cladodie mărită; C – lăstar de plantă matură; cl – cladodie; c – cotiledon (Warming, 1918)



Fig. 143. *Colletia* sp. (Warming, 1918)

2. Tipul „nuia” (*forma de tip Spartium*) al tulpinii, este în formă de nuia, erectă, zveltă și adesea puternic ramificată (Fig. 144, 145); frunzele unor specii, precum *Genista tinctoria* și *Spartium junceum*, au dimensiuni relativ considerabile, dar cad devreme, odată ce și-au îndeplinit funcțiile de asimilare; dar frunzele altor specii sunt de la început foarte reduse ca formă și funcție. Tulpina este circulară în secțiune transversală, sau adânc brăzdată, cu stomate și țesut palisadic localizate în brazde și țesut mecanic în creste. Această formă de tulpină este foarte comună la leguminoasele mediteraneene, în special la genurile *Genista*, *Retama*, *Cytisus*, de asemenea, la *Casuarina*, *Ephedra*, o serie de *Chenopodiaceae*, de exemplu la *Anabasis* (care, totuși, este în principal o specie halofită), la *Capparis aphylla*, *Periploca aphylla* și *Polygonum equisetiforme*.



Fig. 144. *Spartium junceum* (Warming, 1918)

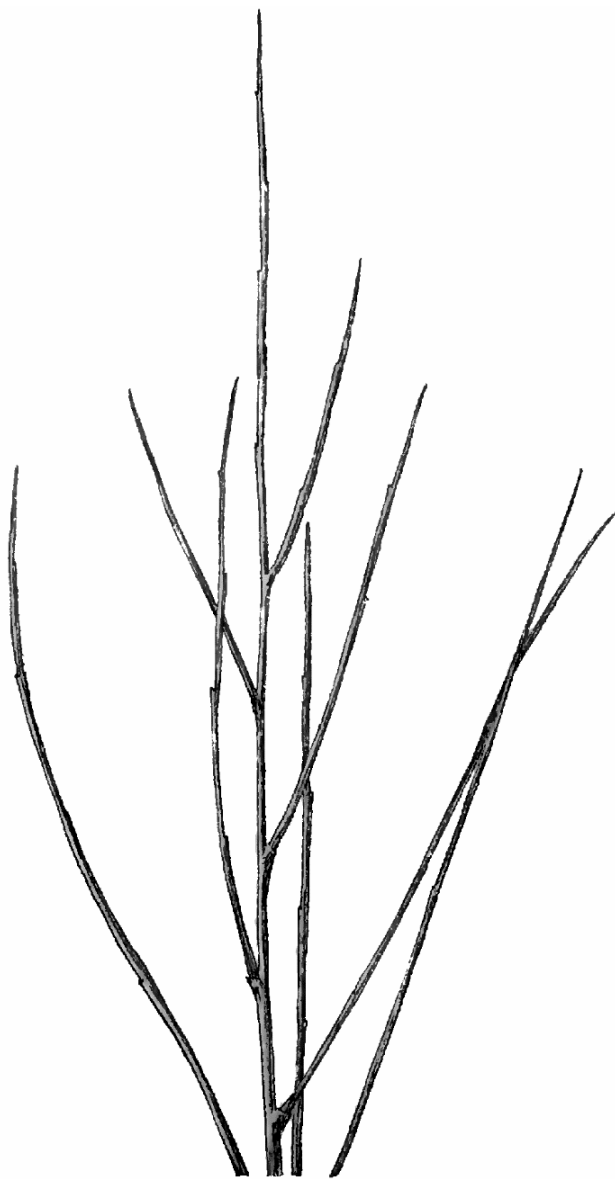


Fig. 145. *Sphaerolobium* sp. (Warming, 1918)

3. *Tulpina de tip juncoid*, prezentă la multe specii de *Juncus* și *Cyperaceae*, este înaltă, circulară în secțiune transversală, afilă și neramificată, fiind ca formă asemănătoare cu frunza întâlnită la unele plante din aceeași specie. Această formă de tulpină apare și la numeroase plante de mlaștină, cum ar fi *Scirpus lacustris* și

S. palustris, specii de *Juncus* și altele aparținând aceluiași familii. Familia *Restiaceae* include, de asemenea, specii care au astfel de tulpini.

4. *Cladodiile aciculare* – sparanghel (*Asparagus*).

5. *Tulpina turtită* este o formă aplatizată, care este verticală; ca exemple pot fi citate *Muehlenbeckia platyclada*, *Phyllocladus* și *Carmichaelia australis*. Tulpina în unele cazuri (*Ruscus*, Fig. 146) este atât de asemănătoare cu frunzele, încât este, preferabil, asociată cu tipul sclerofil de tip mirtoid (Fig. 147, 148).



Fig. 146. *Ruscus* sp. (Warming, 1918)

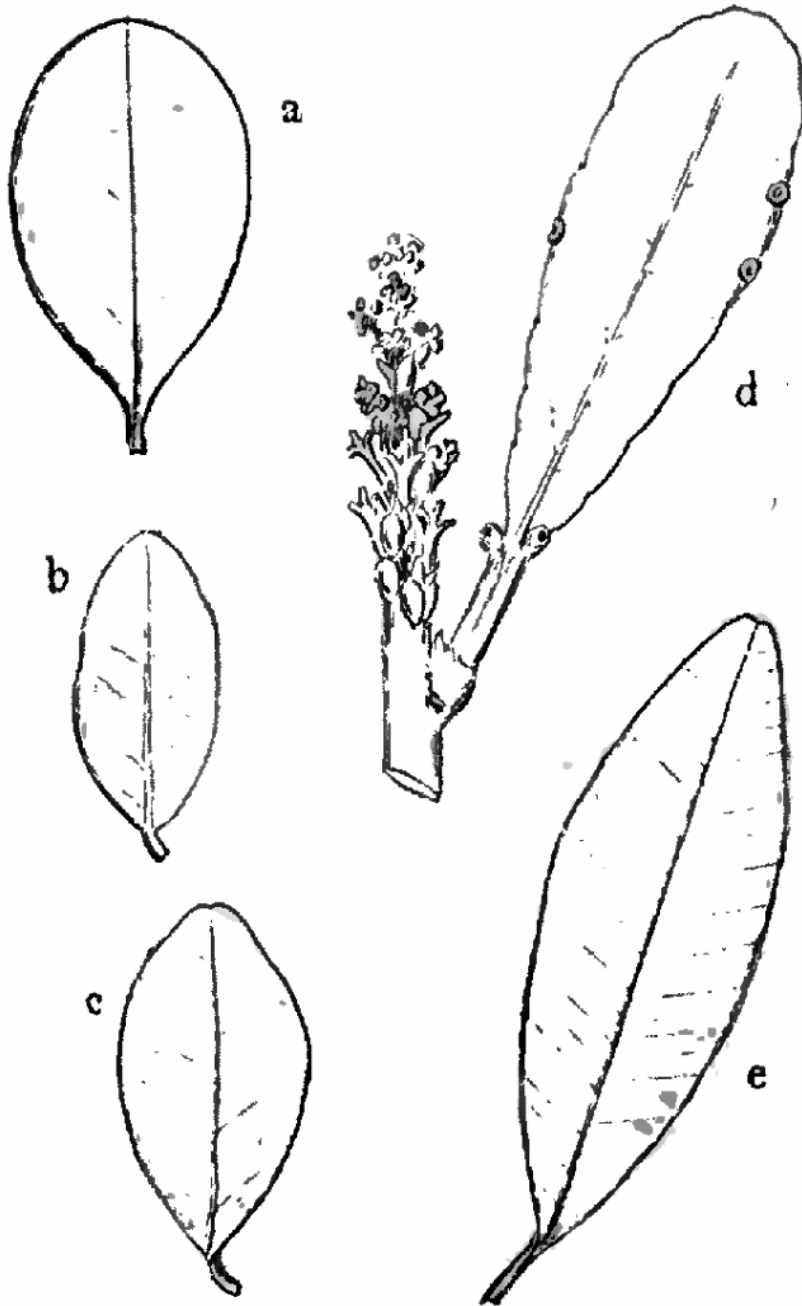


Fig. 147. Tipuri generale de frunze de arbuști sclerofili; a – *Myrcia palustris*; b – *Campomanesia aurea*; c – *Anisomeris obtusa*; d – *Excoecaria (Sapium) biglandulosa* var. *sellowoiana*; e – *Chrysophyllum marginatum* (Warming, 1918)

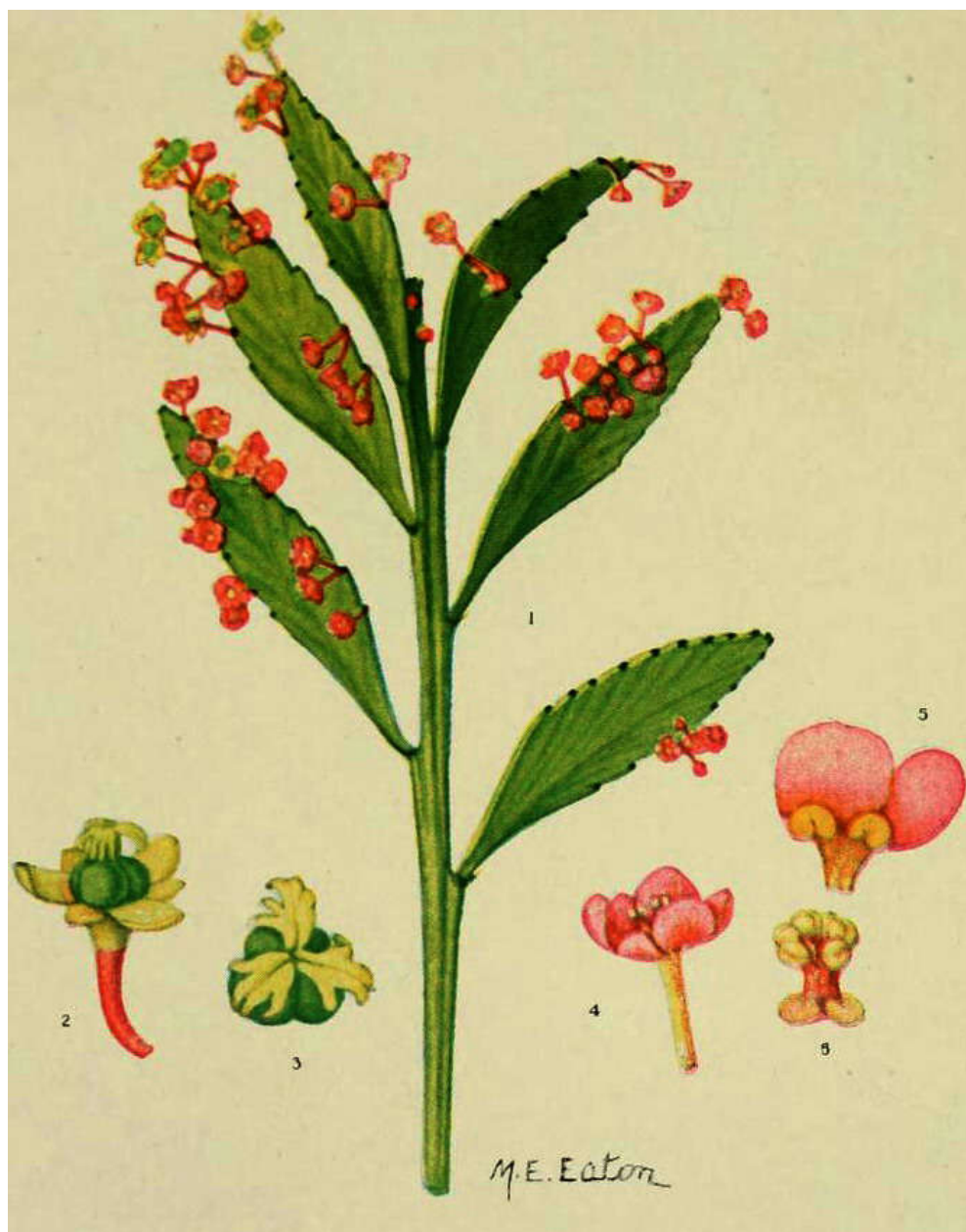


Fig. 148. Tulpină înflorită de *Xylophylla epiphyllanthus* (Britton, 1922)

6. *Tulpina spinoasă* de la *Colletia* și alte specii.

7. *Tulpina de tip salicornioid*, întâlnită la *Salicornia*, *Arthrocnemum* și alte *Chenopodiaceae* cu tulpină succulentă articulată, segmentată (Fig. 149; Fig. 227).

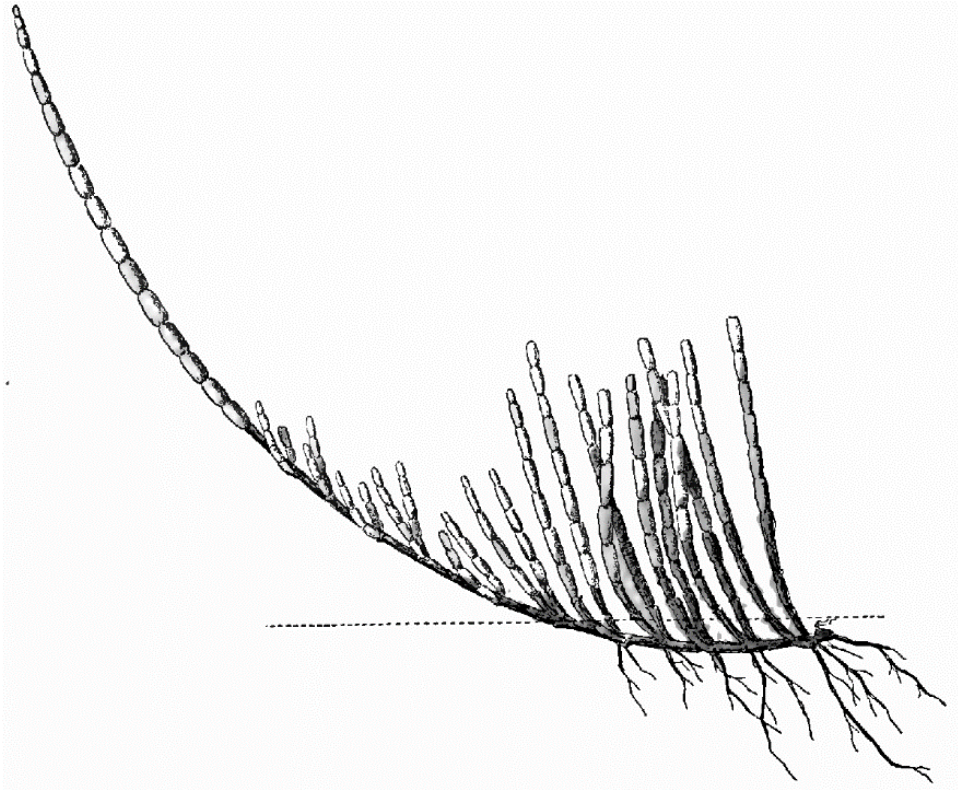


Fig. 149. *Salicornia ambigua* (Warming, 1918)

8. *Tulpina de tip cactiform* este întâlnit sub diferite forme la specii de *Cactaceae*, *Euphorbia* (Fig. 150) și *Stapelia*.

La aceste plante, tulpina este cărnoasă și succulentă. Frunzele lipsesc, la cele mai reprezentative tipuri, sau sunt reduse la solzi sau spini; tulpina și-a asumat funcțiile asimilatoare ale frunzișului, iar suprafața de transpirație este astfel mult redusă. Cele mai comune tipuri sunt întâlnite la speciile de *Cactaceae* din America, *Stapelia* din Africa de Sud și specii de *Euphorbia* (Fig. 151) care apar în principal în Africa.

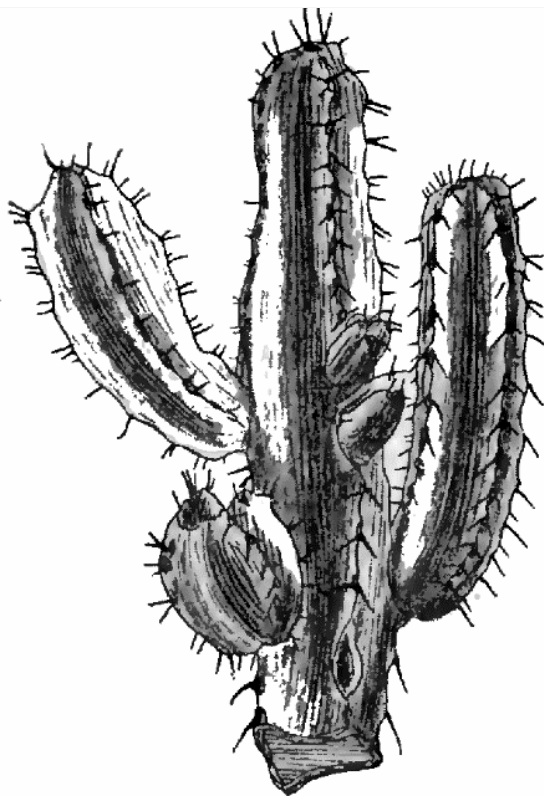


Fig 150. *Euphorbia resinifera* (Warming, 1918)

La acestea se poate adăuga și genul *Sarcocaulon* din Africa de Sud. La diferite genuri apar o serie de forme a căror eficiență a fost demonstrată de unii botaniști; frecvente printre astfel de forme sunt cele precum sfera, prisma sau cilindrul, care combină micșorarea suprafeței cu mărirea volumului. Acest aspect este avantajos în ceea ce privește stocarea apei, dar dezavantajos în ceea ce privește funcția de asimilație fotosintetică. O etapă spre creșterea suprafeței și, prin urmare, a asimilației, este reprezentată de producerea de creste și alte formațiuni asemănătoare, la *Mammillaria*, *Echinopsis* și alte *Cactaceae*. Aceste protuberanțe sunt așezate vertical, adică într-o manieră care nu le face atât de ușor încălzite de razele solare, iar acest aspect reprezintă un avantaj ecologic, deoarece temperatura lor internă este adesea ridicată.

În cadrul acestui tip pot fi incluse pseudo-bulbii care apar în principal la orhideele epifite; aceștia sunt tulpini tuberizate verzi, formate din unul sau mai multe segmente (purând astfel una sau mai multe frunze); persistă mult după căderea frunzelor, servind drept rezervoare de apă și conținând adesea sevă de consistență mucilaginoasă.



Fig. 151. *Euphorbia reinwardtii* (Warming, 1918)

Selaginella lepidophylla (familia *Selaginellaceae*), o specie de deșert, face parte din grupa așa numitelor „resurrection plants”, adică plante care au capacitatea de a supraviețui unei uscări (deshidratări) foarte intense, aproape complete, dar care își pot reveni complet în condiții de (re)hidratare. Pe vreme uscată, în habitatul natural (deșertul Chihuahuan), tulpinile sale se îndoaie și formează un fel de minge strânsă (închisă) (Fig. 152), desfăcându-se la loc numai atunci când sunt expuse din nou umidității (rehidratare). Tulpinile exterioare ale plantei se îndoaie în inele circulare după o perioadă relativ scurtă de deshidratare; tulpinile interioare se răsucesc lent în spirale ca răspuns la uscare, datorită acțiunii gradientului de deformare de-a lungul lungimii lor.

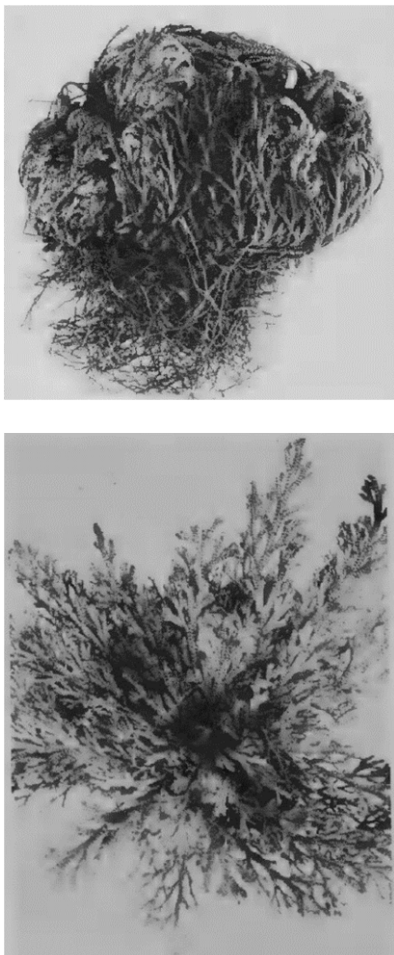


Fig. 152. *Selaginella lepidophylla*; sus – în condiții de uscăciune;
jos – în condiții de hidratare (Bold, 1977)

III. Tulpinile plantelor acvatice

La plantele acvatice, tulpinile plantelor – care petrec cea mai mare parte a vieții vegetative complet scufundate – se împart în general în două categorii.

Tipul mai puțin obișnuit este tulpina scurtă, care poartă un smoc de frunze lungi și înguste (de exemplu *Stratiotes* – Fig. 153, 154), în timp ce, pe de altă parte, majoritatea plantelor submerse sunt caracterizate prin tulpini subțiri, alungite, ramificate, care se ridică total sau parțial în apă, învelite cu frunze și adesea capabile să se înrădăcineze la noduri (de exemplu, *Potamogeton* – Fig. 155 și *Myriophyllum* – Fig. 156).

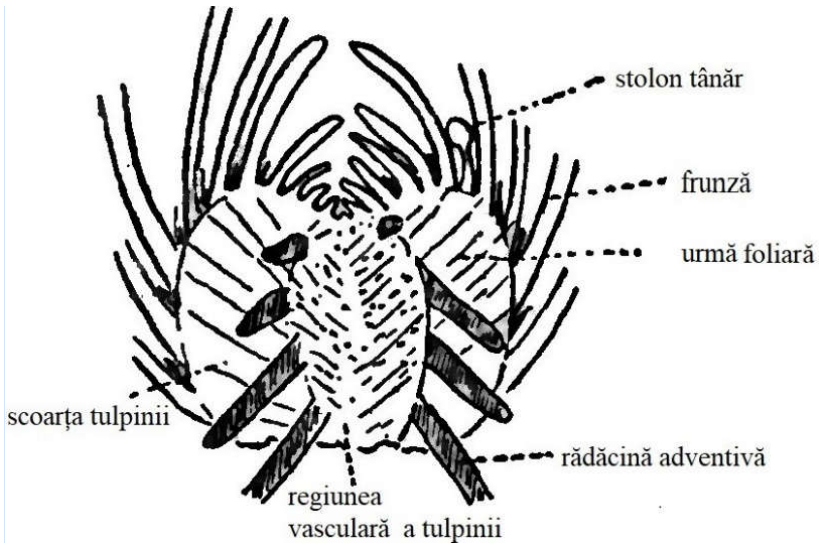


Fig. 153. *Stratiotes aloides*, schema tulpinii (Arber, 1920)

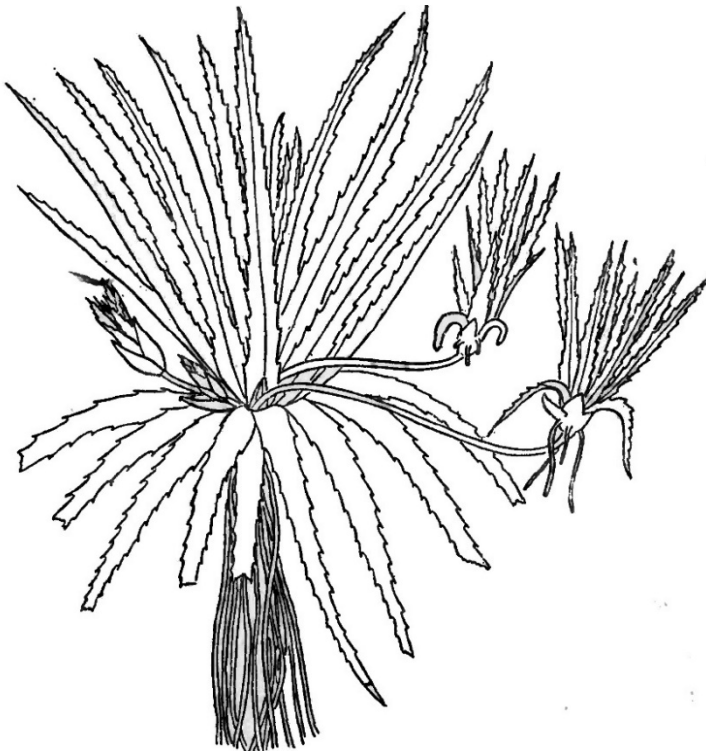


Fig. 154. *Stratiotes aloides*, plantă după înflorire, purtând plante tinere la capătul stolonilor (Arber, 1920)



Fig. 155. Sistemul general de ramuri la o specie tipică de *Potamogeton*; I, II, III, . . . diferitele generații de lăstari; a, b, c: a', b', c', . . . primii trei solzi foliari produși de fiecare generație de lăstari; II', III' – lăstari de rezervă care se formează în axila frunzei „c” aparținând lăstarului I (Arber, 1920)

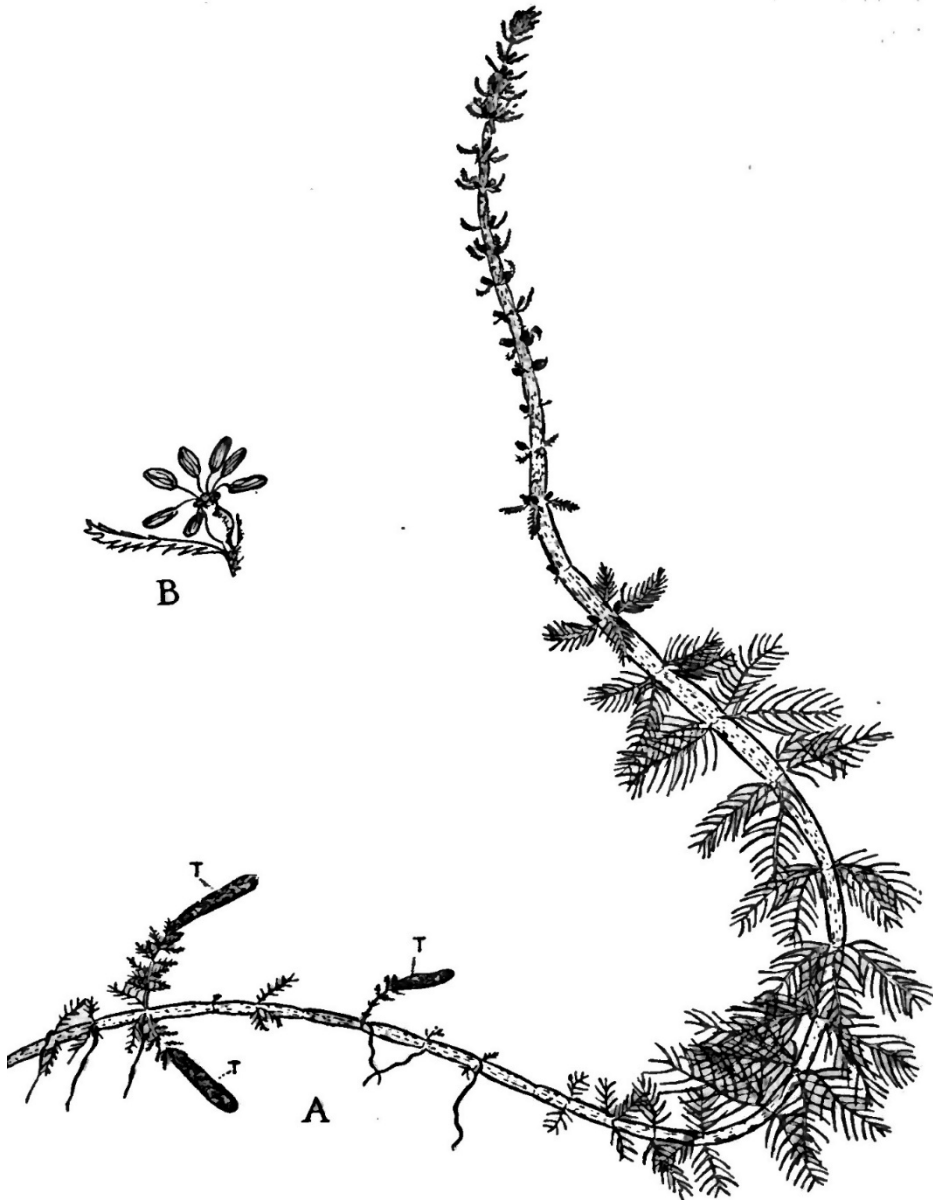


Fig. 156. *Myriophyllum verticillatum*: A – inflorescența prezintă succesiv: flori femele, hermafrodite și femele; trei turioni (T) apar pe partea inferioară a axei; B – floare hermafrodită (Arber, 1920)

Datorită greutatei specifice ridicate a apei și greutatei scăzute a tulpinilor, datorită aerului din spațiile intercelulare, fiecare tulpină este scutită, în mare măsură, de sarcina de a susține greutatea ramurilor sale. În consecință, nu pare să existe un impuls pentru dezvoltarea relativ puternică a unei singure axe principale și, în conformitate cu aceasta, sistemul general este adesea simpodial (de exemplu, la *Hippuris*, Fig. 157).

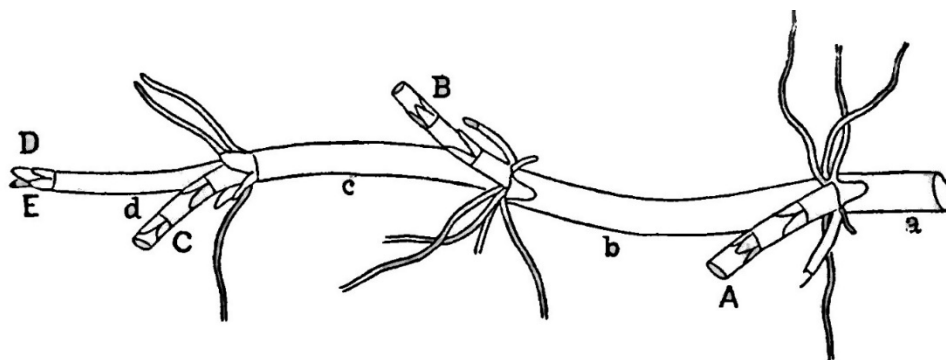


Fig. 157. *Hippuris vulgaris*. Schema rizomilor orizontali priviți de sus pentru a arăta creșterea simpodială; a–A; b–B; c–C; d–D, E – reprezintă axele succesive (Arber, 1920)

Planta crește frecvent activ în față, în timp ce moare în partea din spate și, prin urmare, poate fi considerată, metaforic vorbind, ca fiind într-o stare de tinerețe perpetuă. Regiunile mai vechi tind să devină infestate cu alge și ciuperci epifite, printre care își face apariția o faună microscopică. Acesta este un dezavantaj evident, deoarece nicio frunză încărcată astfel nu își poate îndeplini funcțiile cu succes. Posibil, creșterea rapidă a lăstarilor ce poartă frunze la vârf are rol în compensarea pierderii activității în regiunile mai vechi, ca efect al acestei cauze.

Tulpinile alungite, submerse, cu excepția cazului în care cresc în apă perfect liniștită (nemișcată), sunt supuse unei anumite tensiuni din partea curenților de apă. Este probabil mai mult decât o simplă coincidență faptul că sistemul vascular al plantelor acvatice este atât de des condensat într-un cordon central, amintind de cilindrul central al rădăcinilor și al tulpinilor cățărătoare, ambele fiind organe supuse forțelor de tracțiune.

IV. Aspecte ecologice la tulpinile plantelor din pădurile tropicale

Practic, orice discuție legată de ecologia plantelor ce vegetează în pădurile tropicale este foarte complexă și delicată, în principal datorită lipsei unui limbaj unitar în ceea ce privește nominalizarea diferitelor tipuri de păduri tropicale (foarte eterogene, de altfel, termenul de „pădure tropicală” fiind unul foarte generic)

(Archibold, 1995; Longman și Jenik, 1987; Walter, 1974; Pfadenhauer și Klötzli, 2020). Din acest punct de vedere, discuțiile generale sunt utile din perspectivă didactică, dar trebuie să avem în vedere tot timpul faptul că pădurile tropicale se pretează, prin excelență, la abordări foarte nuanțate și particularizante. Așa cum am văzut deja în cazul epifitelor (discutate mai pe larg la capitolul dedicat ecologiei rădăcinilor) și după cum urmează să vedem, în cazul lianelor – două mari categorii ecologice de plante legate intim de viața din pădurile tropicale –, există foarte multe dificultăți în ceea ce privește abordarea acestora, mai ales în ceea ce privește clasificarea lor, dar chiar însuși definiția lor, cum este situația, mai ales, pentru liane.

După cum se știe, în pădurile tropicale, există o mare competiție între plante pentru resursele vitale, mai ales pentru lumină; din acest motiv, există, în general, o stratificare particulară a vegetației, plantele căutând să își expună frunzișul într-un mod cât mai eficient, în vederea derulării funcției de fotosinteză; această dispunere a vegetației pe diverse straturi, atât pe orizontală, dar, mai ales, pe verticală, se datorează, în principal, lungimii și arhitecturii tulpinii (trunchiurilor) arborilor (Fig. 158), iar, în cazul lianelor, capacității acestora de a-și croi calea cât mai sus, către straturile superioare ale vegetației, în căutarea luminii.

1. Structura coronamentului cu frunziș

Speciile de arbori din pădurile tropicale multistratificate pot fi grupate în trei clase sau straturi generale de înălțime. Cei mai înalți arbori, ai stratului **A**, formează un strat discontinuu în care nu există contact lateral între coroanele adiacente (Fig. 158). Aceștia sunt arborii emergenți – care se ridică deasupra frunzișului mai dens al stratului intermediar **B** (Fig. 158); membrii celui mai scurt strat, **C**, sunt împrăștiați mai jos. Înălțimea arborilor din stratul **A** este de obicei de 30-42 m, scăzând la 18-27 m în stratul **B** și 8-14 m în stratul **C**. În orice caz, mulți arbori pot atinge înălțimi de 50 m, cu arbori foarte înalți crescând, excepțional, până la 70-80 m; *Koompassia excelsa* din Sarawak (Borneo, Malaiezia) se pare că este cel mai înalt arbore de la tropice (Whitmore, 1989). Caracterul distinctiv al straturilor este adesea mascat de indivizii mai tineri, pe măsură ce cresc până la înălțimile lor mature, iar straturile sunt, de asemenea, mai puțin vizibile în locurile cu o mare diversitate de specii. Sub stratul arboricol se află stratul **D** format din palmieri mici, ierburi înalte, ferigi mari și arbuști de diferite forme (Fig. 158). Stratul **E** este format din plante erbacee, deși acestea pot fi depășite numeric de plantulele arborilor. Indivizii din straturile **D** și **E** sunt foarte dispersați, densitățile crescând de obicei în deschideri de pădure sau locuri perturbate. Un strat subțire de litieră, de 1-3 cm grosime, poate acoperi solul pădurii, dar petice golite de vegetație sunt, de asemenea, frecvente.

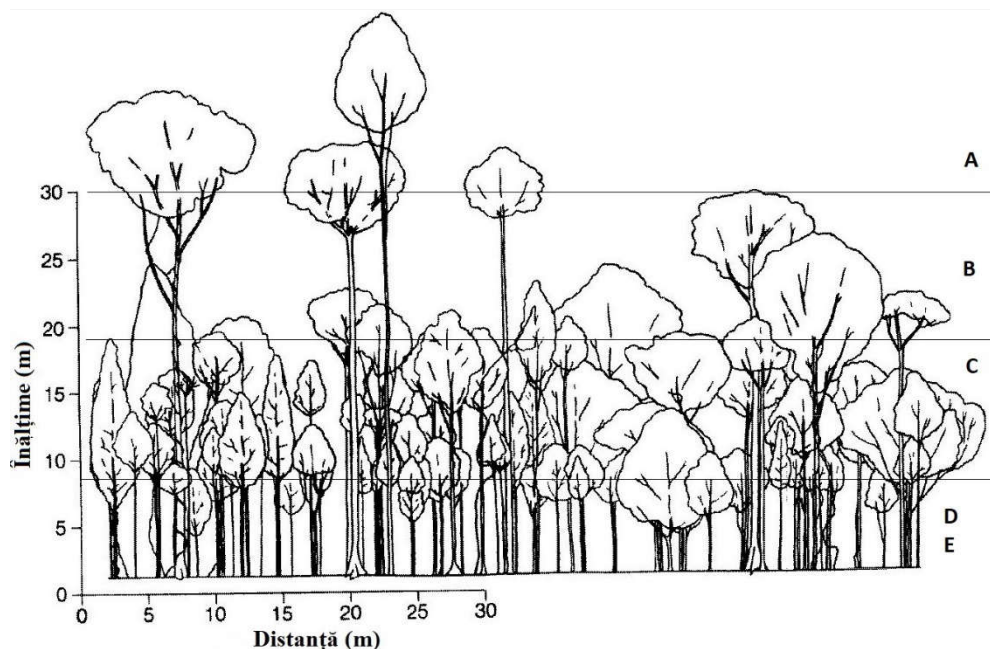


Fig. 158. Schema stratificării caracteristice a arborilor din pădurea tropicală (Richards, 1936); înălțimea straturilor este relativă

2. Arhitectura coroanelor arborilor

Arborii din fiecare strat au forme caracteristice ale coroanelor lor, care sunt determinate de înălțimea la care are loc ramificarea, lungimea ramurilor și unghiul lor de divergență. Arborii mai înalți au trunchiuri destul de lungi și subțiri în comparație cu coroanele lor, care sunt de obicei turtite și în formă de umbrelă. Coroanele devin mai sferice la arborii maturi din stratul B și sunt distinct alungite la indivizii din stratul C. În funcție de modul lor de creștere, trunchiurile arborilor sunt relativ drepte sau dezvoltă o formă oarecum sinuoasă. La arborii mai mari, ramificarea este, în general, limitată la partea superioară a trunchiului, deși ramurile inferioare se vor dezvolta adesea în locuri deschise, cum ar fi poieni sau de-a lungul malurilor râurilor.

Toate formele generale ale arborilor pot fi descrise prin 23 de modele arhitecturale, în funcție de procesul de ramificare care are loc în timpul creșterii (Fig. 159).

Tulpinile drepte, cum ar fi cele ale arborelui de cafea (*Coffea arabica*), apar prin creștere monopodială, cu ramificare care are loc sub meristemul terminal cu activitate nedefinită (Fig. 160).

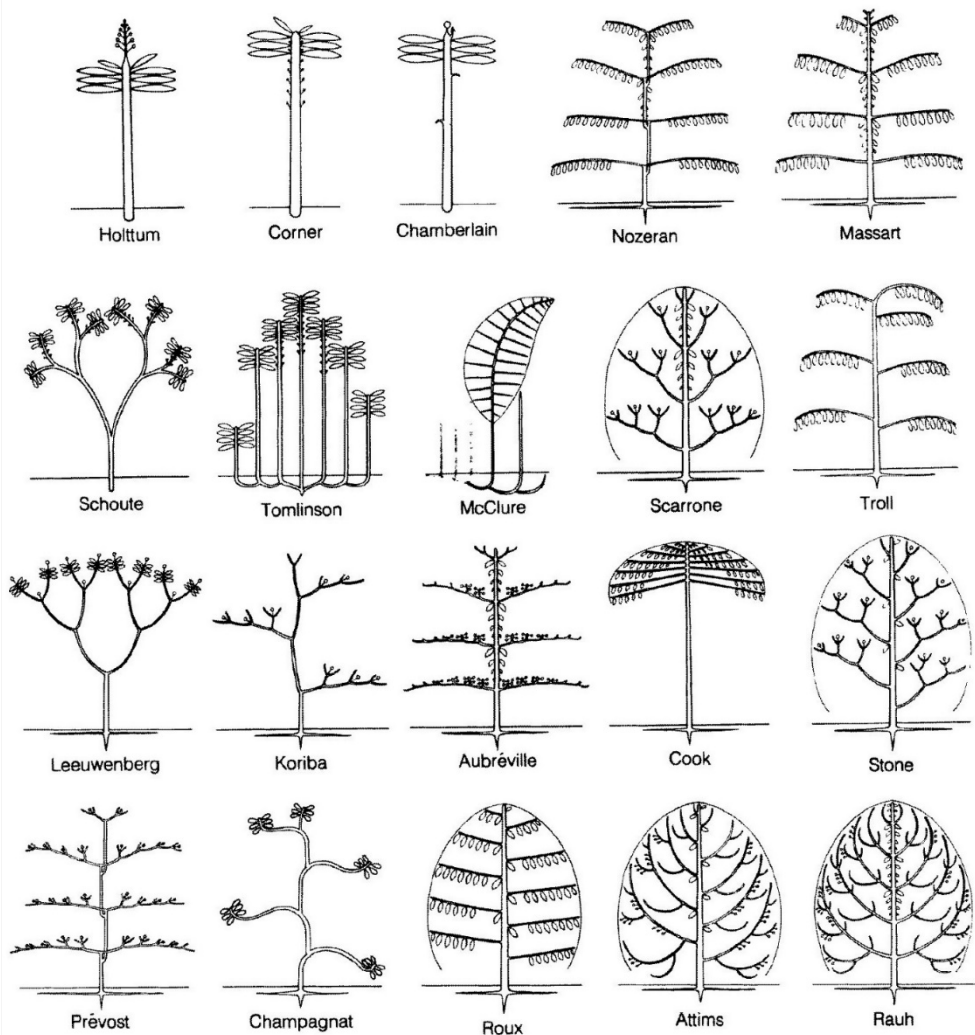


Fig. 159. Exemple de modele arhitecturale la arborii tropicali (Hallé *et al.*, 1978)

Trunchiul neregulat al arborelui de cacao (*Theobroma cacao*) se formează simpodial; în acest proces, ramurile se formează din meristemele terminale, iar creșterea axială este continuată de la un meristem lateral subordonat. O comparație între arborele de mango (*Mangifera indica*) și cel de cauciuc (*Hevea brasiliensis*) arată că procese similare controlează dezvoltarea propriu-zisă a ramurilor; după cum am văzut, ramificarea este descrisă ca ortotropă sau plagiotropă, dacă creșterea este preponderent verticală sau, respectiv, laterală.

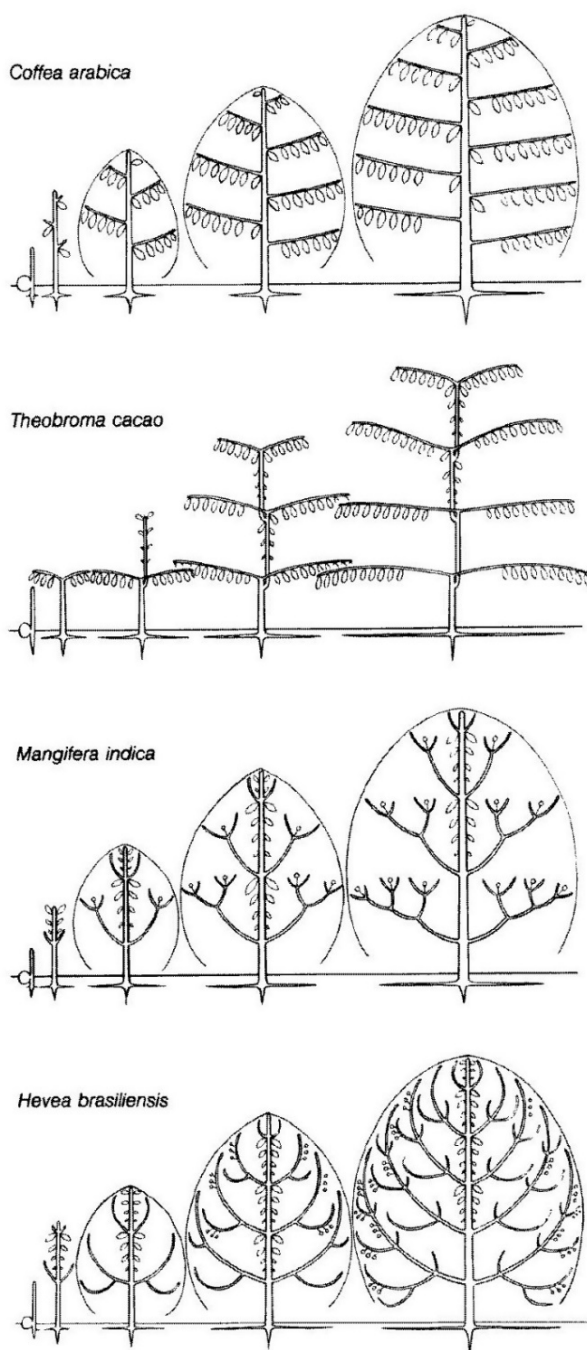


Fig. 160. Modele de creștere la unele specii de arbori tropicali (Hallé *et al.*, 1978)

La arborii tropicali, ramificarea se dezvoltă rar dincolo de ordinul al treilea, existând deci o absență evidentă a crenguțelor (ramurilor) subțiri. Majoritatea arborilor tropicali continuă să crească în ciuda leziunilor aduse limbului foliar, acest proces repetat fiind controlat de numărul meristemelor de rezervă. Cu toate acestea, palmierii neramificați și cicadele (*Cycas*) se bazează pe un singur meristem: pentru a minimiza daunele, acest țesut indispensabil este de obicei bine protejat de spini sau teci foliare lignificate.

3. Lianele

Termenul liane este folosit aici în sensul cel mai larg și include plantele volubile, precum și diferite alte tipuri de plante agățătoare. Lianele își datorează originea grupării plantelor în comunități sub formă de pădure și tufișuri; umbra datorată vegetației dense le-a determinat în trecut să se alungească, să producă internoduri lungi și, în decursul timpului, să se adapteze în diferite moduri nu numai pentru a se fixa ferm de suporturile lor, dar și printr-o structură internă adecvată pentru a rezolva problema conducerii sevei pe distanțe lungi, precum pentru a răspunde altor probleme datorate lungimii și subțiririi tulpinilor lor.

Lianele prezintă grade foarte diferite de adaptare la modul de viață cățărilor; există mai multe propuneri de clasificare a lianelor, în prezent, neexistând un sistem unic în acest sens.

Astfel, Warming (1909) a sugerat că etapa inițială în organizarea lianelor este reprezentată de:

1. „Semi-liane” și lianele de tip „scramblers”, care apar în special la marginile pădurilor, în gardurile vii și în tufișuri.

Mai elaborate și mai specializate în ceea ce privește nivelul de adaptare sunt:

2. Plantele cățăritoare prin rădăcini, care se pot cățăra pe trunchiuri groase de arbori și stânci.

3. Plante volubile.

4. Liane care prezintă cârcei sau alte organe sensibile, capabile să cuprindă (înfășoare) părțile subțiri ale plantelor. Acestea au fost denumite de Darwin plante „cățăritoare cu cârlig”, „purtătoare de cârcei”.

Este caracteristic pentru majoritatea lianelor ca frunzele să fie late, mai mult sau mai puțin cordate și cu pețiolul lung; excepții de la această regulă sunt oferite de specii de leguminoase și alte liane care se cațără cu ajutorul cârceilor de la capetele frunzelor lor. Structura frunzei și tulpinii, la unele liane, amintesc de xerofite; în mod firesc, lianele sunt expuse la posibilitatea de a pierde mai multă apă prin transpirație decât poate fi echilibrată cu aprovizionarea de către rădăcină și, prin urmare, ar trebui să fie adaptate structural pentru a face față acestei situații. Anumite specii, de exemplu, din genul *Ficus* apar atât sub formă de liane, cât și ca epifite. Forma de liană este o consecință a adunării plantelor pentru a forma comunități, dar lianele sunt parțial independente de suporturile lor, deoarece cele nevii pot servi uneori la fel de bine ca și suporturile vii. Lianele aparțin în special anumitor familii, inclusiv

Ampelidaceae, Asclepiadaceae, Apocynaceae, Bignoniaceae, Cucurbitaceae, Sapindaceae, Dioscoraceae și altele.

După cum spuneam, lianele sunt deosebit de tipice pentru pădurile tropicale. Conform lui Gentry (1991), există 133 de familii de liane cărora le aparțin cele 9.219 specii de liane care sunt considerate o inovație cheie în evoluția speciilor din pădurile tropicale (Gianoli, 2004). Deși se găsesc și în pădurile veșnic verzi subtropicale și nemorale, principala lor zonă de distribuție, în ceea ce privește numărul speciilor și frecvența de apariție, se găsește la tropice, cu ploi pe tot parcursul anului în apropierea ecuatorului. Ele sunt fie erbacee (precum planta folosită drept condiment, vanilia – *Vanilla planifolia*, care aparține familiei *Orchidaceae*), fie lemnoase (ca majoritatea lianelor tropicale); din punct de vedere morfologic, există unele controverse în ceea ce privește folosirea termenului de liană pentru plantele erbacee cu tulpini urcătoare, recomandarea fiind de a se rezerva termenul doar pentru cele lemnoase, perene.

În cadrul lianelor, de obicei, alți autori (Pfadenhauer și Klötzli, 2020) fac o distincție între:

- a. plantele cățărătoare cu cârlig (care se agăță într-un arbore gazdă folosind ramuri laterale, cum ar fi specia de bambus *Merostachys*, sau folosesc spini precum speciile de palmieri din genul *Calamus* și care cresc mai înalți împreună cu gazda lor).
- b. plantele cățărătoare prin rădăcini (de exemplu, numeroși membri ai familiei *Araceae*, de exemplu *Philodendron*, *Monstera* și *Pothos*, precum și unele specii din *Pandanaceae*, de exemplu, *Freycinetia*, care urcă pe trunchiul arborilor prin intermediul rădăcinilor de ancorare).
- c. plante cu tulpini volubile (specii din genul *Aristolochia*, care se împletesc în jurul arborilor care îi susțin).
- d. plante agățătoare prin cârlige (care au cârlige care se dezvoltă din frunze sau lăstarii laterali, cum ar fi la unele genuri din familia *Fabaceae*, exemplu *Dalbergia*).

În faza de maturitate a pădurii tropicale, cele mai frecvente sunt plantele cățărătoare prin rădăcini și plantele volubile; plantele cățărătoare cu cârlig sunt mai frecvente în golurile de pădure sau marginile acestora. Adesea, au o creștere în formă de perdea, dar sunt și spinoase, ceea ce face ca pădurea să fie aproape impenetrabilă pentru oameni și animalele mari. Lianele pot reprezenta până la 20% din flora unei păduri tropicale multistratificată.

Se pare că lianele prezintă unele avantaje, în comparație cu arborii:

- a) au o proporție redusă de țesut lemnos respirant, în raport cu masa lor de frunze, ceea ce înseamnă că cresc rapid;
- b) caracterul lor de specii pioniere se reflectă și prin răspândirea lor vegetativă, dispersarea generativă (pe distanțe lungă) prin vânt și un strat de semințe persistent;

- c) rezistență la perturbare printr-o capacitate mare de regenerare;
- d) conductivitate hidraulică ridicată a vaselor de xilem care au lumen larg în comparație cu arborii; o creștere a CO₂ atmosferic pare să inducă, de asemenea, creșterea lianelor, ceea ce înseamnă că arborii din pădurea tropicală se pot confrunta cu o concurență sporită.

După cum am enunțat deja, definiția lianelor și clasificarea lor reprezintă un subiect discutabil și neuniform.

Analiza istorică a termenului de liană sugerează că, inițial, doar plantele lemnoase cățărătoare erau denumite liane; Schenck, prin studiile lui clasice (1892; 1893), rezervă însă acest termen pentru toate plantele care au rădăcini în sol și, fiind prevăzute cu tulpini și internoduri lungi, folosesc alte plante ca suport pentru a-și ridica frunzișul și florile de la sol și pentru a le aduce într-o situație favorabilă în raport cu lumina. Lianele includ plante lemnoase cu frunze veșnic verzi, precum și arbuști cățărători cu frunze căzătoare, dar și forme cu tulpini erbacee care există doar pentru un sezon de vegetație sau sunt perene prin organele lor subterane. Faptul că lianele se cațără pe și în jurul altor plante sugerează faptul că, în natură, doar regnul vegetal oferă obiecte ce au forma necesară ca suport; în acest sens, doar forma este importantă, și nu natura chimică a suportului, deoarece, așa cum este cazul plantelor cultivate, suportul poate fi constituit din cele mai diverse materiale.

Anumite forme de liane apar în mod natural ca plante cățărătoare pe stânci, dar numărul acestora este relativ mic.

Schimper (1903) clasifică lianele în patru grupuri, după modul lor de cățărare: *scramblers* (*Spreizklimmer*, în limba germană, literal – *care se răspândește prin cățărare* – Schimper, 1908), cățărătoare prin rădăcini, plante volubile, plante cățărătoare prin cărcei.

- a. *Scramblers*. Majoritatea sunt arbuști care se deosebesc, în cele mai simple cazuri, de alți arbuști doar prin ramurile lor lungi, care se sprijină pe alte ramuri fără a se fixa de ele în vreun mod activ. Cățărarea acestor plante este adesea facilitată de țepi sau spini, însă acestea nu sunt considerate adaptări la un mod de viață cățărător, situație întâlnită, de exemplu, și la trandafiri. În timp ce majoritatea reprezintă cel mai scăzut grad de organizare în cadrul lianelor, există printre ele forme cu mecanisme foarte complexe, chiar dacă pasive, cum ar fi la palmierii din pădurile tropicale.
- b. *Cățărătoare prin rădăcini*. Acestea formează un grup mic, ai cărui reprezentanți cresc în sus prin intermediul rădăcinilor aeriene fixate pe suport. Astfel de rădăcini de fixare sunt scurte și subțiri ca la iederă, sau pot atinge grosimea unei pene cu o lungime de 20-30 centimetri și se înfășoară ca niște inele în jurul suporturilor cilindrice. O astfel de dezvoltare viguroasă a rădăcinilor fixatoare este prezentă numai la formele tropicale precum vanilia și multe specii de *Araceae*, cum ar fi *Monstera* și *Philodendron*.
- c. *Plante volubile*. La acestea, tulpinile cresc în spirală în jurul unor suporturi subțiri în virtutea geotropismului lor transversal unilateral, care mai târziu trece în

geotropism negativ. Acestui grup aparțin o serie de specii erbacee cățăătoare comune, cum ar fi hameiul, fasolea și, de asemenea, multe liane lemnoase, de exemplu, caprifoiul, *Wisteria sinensis*, cultivată pe scară largă, și speciile de *Aristolochia* (în flora României există *Aristolochia durior* – Fig. 161), o liană cu tulpină volubilă, ramificată, de 4-10 m, cultivată frecvent ca plantă decorativă, volubilă, prin grădini și parcuri, de unde uneori se sălbăticește. Tot din România, *Clematis vitalba* (curpenul de pădure) este o altă specie de liană, fiind o plantă lemnoasă volubilă, cu rizom puternic, cu tulpină înaltă de 6-10 m, până la 5 cm grosime, la care ritidoma se exfoliază în fibre lungi (Fig. 163); curpenul de pădure crește prin păduri, tufișuri, zăvoaie, vii, pe garduri, în regiunea dealurilor și câmpiilor, fiind comună și răspândită în toată țara – Fig. 162-164).

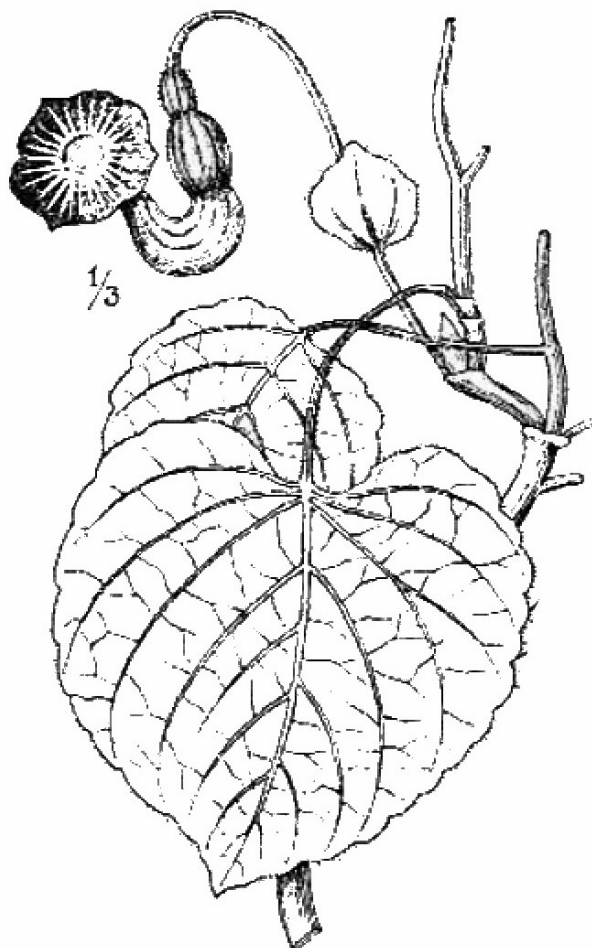


Fig. 161. *Aristolochia durior* (Flora R.P.R., 1955, vol. 3)



Fig. 162. *Clematis vitalba*; grupe de nucule (sus, stânga), nuculă (sus, dreapta), aspect general al plantei (jos) (Flora R.P.R., 1953, vol. 2)

d. *Cățăărătoare prin cârcei*. Acest grup este cel mai bogat în forme. Cățărarea este posibilă cu ajutorul unor organe iritabile (ce prezintă sensibilitate), care, la contactul cu un suport, se înfășoară în jurul acestuia. Din punct de vedere morfologic, cârceii sunt fie de natură foliară (frunze), fie caulinară (tulpini). Din punct de vedere ecologic, aceste plante sunt foarte variate, astfel încât, după Schenck (1892; 1893), se pot distinge, în sens larg, șase grupuri, în funcție de modurile lor de cățărare:

1. *La cățăărătoarele prin frunze*, o parte – pețiol sau limb foliar – a frunzei, altfel nemodificată, este prevăzută cu iritabilitatea necesară. De exemplu, *Clematis vitalba* este o specie cățăărătoare prin pețiol, *Fumaria officinalis*, prin formele sale *wirtgenii* și *vulgaris*, este o cățăărătoare prin limbul frunzei; *Flagellaria indica*, o plantă monocotiledonată comună la tropice, este o cățăărătoare prin vârful frunzelor.
2. *La cățăărătoarele prin frunze modificate în cârcei*, frunza sau o parte a ei se diferențiază ca organ filamentos care funcționează exclusiv ca un cârcel. Este situația de la mazăre și specii de *Vicia*, *Cucurbitaceae*.
3. *Grupul de cățăărătoare prin ramuri*, la fel ca și cel al *cățăărătoarele prin frunze*, prezintă, filogenetic, un grad scăzut de organizare de tip liană. Ramurile de cățărare, în cazurile cel mai puțin adaptate, se deosebesc de ramurile obișnuite doar prin iritabilitatea lor și sunt prevăzute cu lăstari și frunze laterale (Fig. 165, 166).

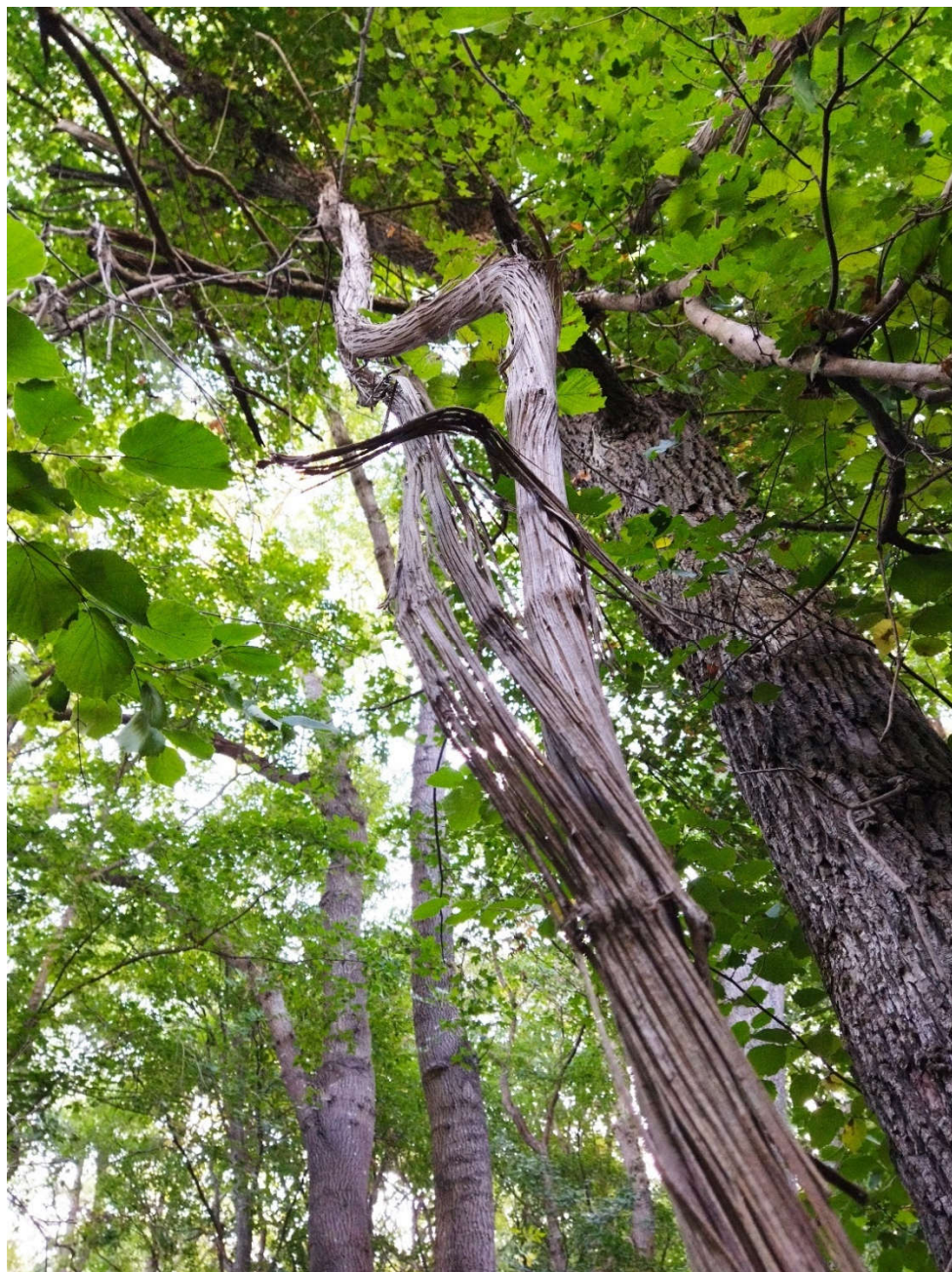


Fig. 163. *Clematis vitalba*, liană – se observă desprinderea ritidomei sub formă de fâșii (original)



Fig. 164. *Clematis vitalba*, liană – se observă desprinderea ritidomei sub formă de fâșii (original)

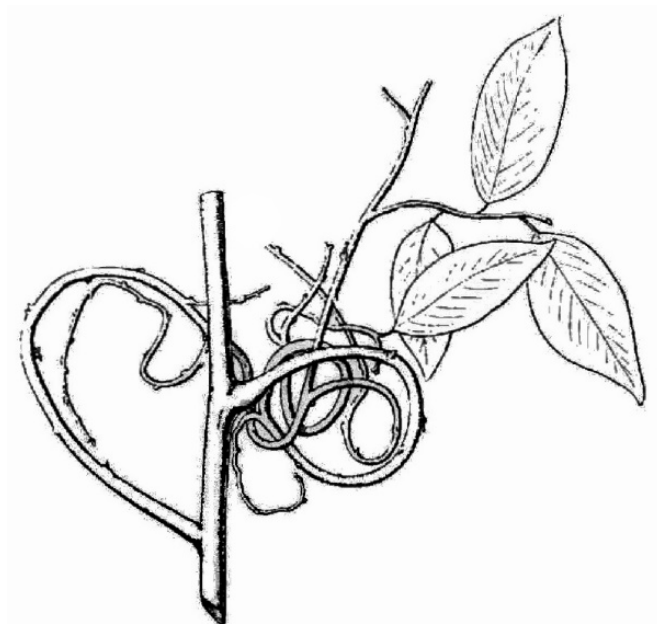


Fig. 165. *Securidaca sellowiana* – lăstar lateral care acționează ca un cârcel (Schimper, 1903)

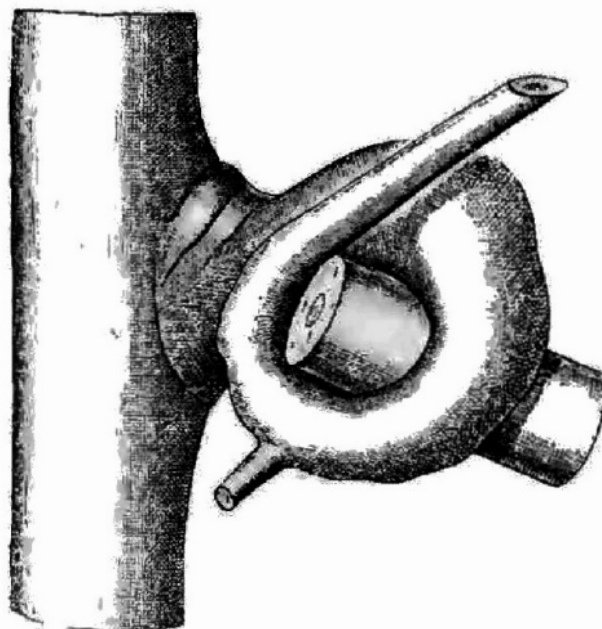


Fig. 166. *Dalbergia variabilis*. Ramură bătrână, considerabil îngroșată (Schimper, 1903)

Plantele cățărătoare prin ramuri sunt limitate la tropice și în regiunile învecinate. Exemple se întâlnesc în cadrul familiilor *Polygalaceae*, *Leguminoase*, *Mimosaceae*, *Connaraceae* și alte familii.

4. Organele de cățărare ale cățărătoarelor prin cârlige sunt spini metamorfozați sau pedunculi florali, care, după ce înconjură suportul, se îngroașă considerabil. Exemple se regăsesc printre genuri din familiile *Anonaceae*, *Loganiaceae*, *Dipterocarpaceae*, *Rubiaceae* și altele (Fig. 167).

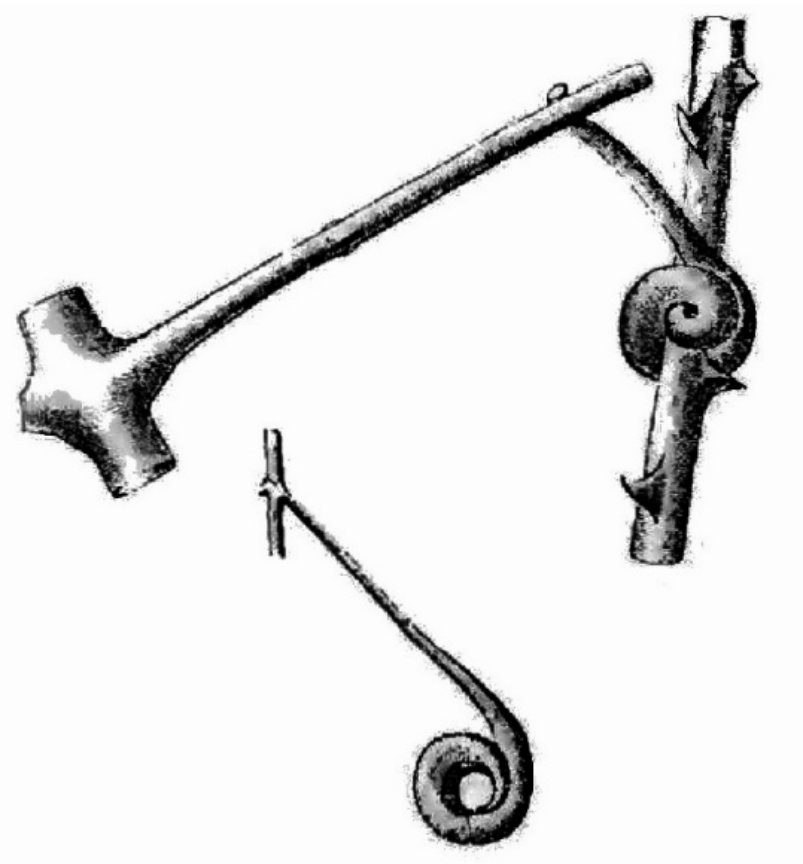


Fig. 167. *Strychnos triplinervia*. Cârlige de cățărare relativ lignificate și îngroșate (Schimper, 1903)

5. Cățărătoarele cu mecanisme de prindere asemănătoare cu arcurile de ceasornic prezintă organe de cățărare subțiri, spiralate, care, datorită stimulului din zona de contact, devin mai groase și mai dure. Se întâlnesc la multe *Rhamnaceae* și *Sapindaceae* (Fig. 168, 169).

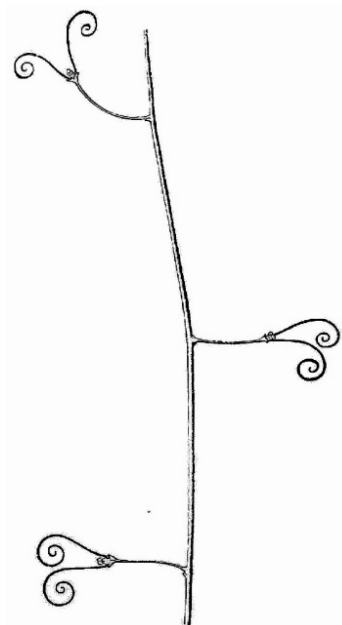


Fig. 168. *Bauhinia* sp. Ramură cu cârcei în formă de arcuri de ceasornic (Schimper, 1903)

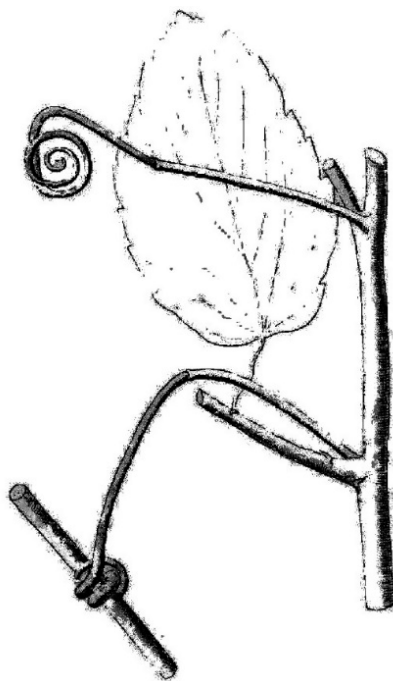


Fig. 169. *Gouania urticifolia* – cârcei în formă de arcuri de ceasornic (Schimper, 1903)

6. Cel mai cuprinzător grup de plante prevăzute cu organe axiale de cățărare este cel al *cățărătoarelor prin tulpini modificate în cârcei*, organe ale căror organe sunt adesea strâns corelate, prin trăsăturile lor externe și cele fiziologice, cu cele ale cățărătoarelor prin frunze modificate în cârcei; natura lor caulinară este însă adesea trădată la exterior nu numai prin poziția lor, dar și prin prezența frunzelor rudimentare, ca la viță de vie. Grupul include multe specii, de exemplu din familiile *Vitaceae* și *Passifloraceae* (la acestea din urmă, cârceii se formează la baza pețiolului, în axila frunzei, dar date recente sugerează că acești cârcei provin din muguri axilari, reprezentând, de fapt, modificări ale inflorescenței, Fig. 170).

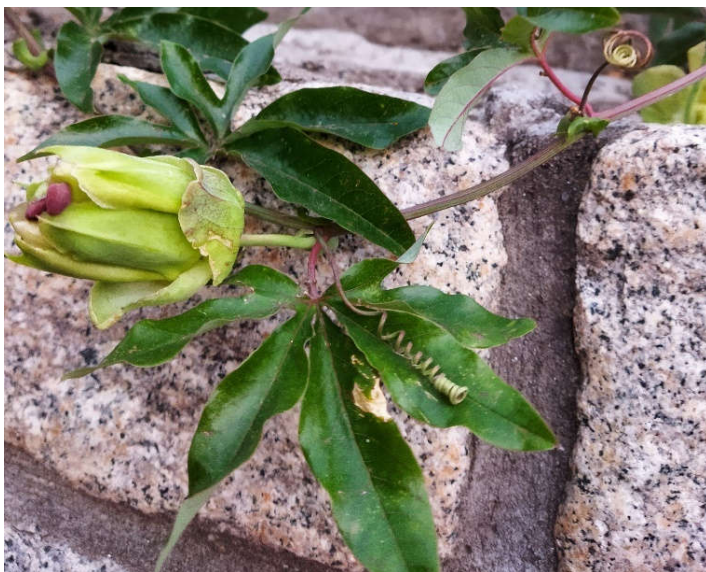


Fig. 170. Cârcei la *Passiflora* sp. (original)

Tulpina unei liane este întotdeauna construită pe același principiu ecologic; lemnul nu este compact și neîntrerupt, ca la tulpina unui arbore, ci fisurat în diverse moduri, sau chiar subdivizat în cordoane izolate. Prin urmare, rezultă diverse anomalii structurale, foarte caracteristice lianelor.

Lianele se caracterizează, în plus, prin lungimea și lățimea mare a vaselor conductoare, a vaselor de lemn, precum și a tuburilor ciuruite, prin intermediul cărora este facilitat transportul de-a lungul tulpinii, adesea extrem de lungă, a sevei brute și elaborate.

În general, în pădurile tropicale, între liane și epifite există o strânsă legătură, în sensul în care o pădure bogată în liane lemnoase este, de obicei, bogată și în epifite,

iar reprezentanții ambelor grupuri aparțin frecvent aceleiași familii. Desigur, așa cum am amintit deja, lianele se mai întâlnesc și în alte tipuri de păduri (ecosisteme), inclusiv – deși un număr mic – și în flora României, însă, în pădurile tropicale, lianele înregistrează cea mai luxuriantă dezvoltare, precum și cea mai mare diversitate de forme și tipuri, așa cum am constatat deja.

Originea epifitelor și lianelor poate fi identificată în legătură cu aceiași factori, și anume competiția pentru lumină, alături de abundența umidității; ele sunt conectate prin forme intermediare, iar multe epifite se pare că au evoluat din liane.

Multe liane aparținând unor tipuri ecologice destul de diferite seamănă foarte mult între ele, prin părțile lor inferioare, care sunt vizibile, în timp ce altele sunt ușor de recunoscut după modul lor de creștere și, în special, după formele tulpinilor lor.

Palmierii cățărători formează unul dintre cele mai caracteristice și frecvente tipuri printre lianele din pădurea tropicală; acestea includ tipuri de *Calamus* și unele genuri înrudite din Asia tropicală și Australia, specii de *Oncocalamus* și alte specii de *Raphieae* în Africa tropicală și de *Desmoncus* în America tropicală. Tulpinile zvelte, dure și adesea țepoase, cunoscute generic sub numele de „rattans”, în multe păduri tropicale formează mase extinse de vegetație încâlcită, care pot fi tăiate cu greu de macetă, formând și aglomerări încolăcite pe sol. O porțiune a unei astfel de tulpini se pare că măsoară circa 240 de metri lungime (Fig. 171).



Fig. 171. Liană – grădina botanică din Peradeniya (Sri Lanka) (Schimper, 1903)

Modul de cățărare a lianelor-palmier este chiar mai caracteristic decât modul lor de creștere. La *Calamus* și specii de *Raphieae*, rahisul frunzei este prelungit într-un flagel lung și flexibil, prevăzut cu spini în formă de cârlig, iar acesta, ca un organ asemănător unui cârcel, dar care nu prezintă iritabilitate, fixează cel mai eficient capătul foliar al lăstarului de ramurile arborelui suport. Odată ce liana a atins vârful arborelui de susținere și, prin urmare, creșterea sa ulterioară în sus este împiedicată, porțiunile mai vechi ale tulpinii sale, care și-au pierdut frunzele, alunecă în jos din cauza greutateii lor și, în cele din urmă, se sprijină pe arbore într-o formă înfășurată.

Dispozitivele de cățărare la *Desmoncus* sunt foarte interesante; capetele frunzelor sunt modificate într-o structură cățărătoare numită cirrus. În loc de foliole, cirusul are de obicei structuri în formă de cârlig numite acantofile; deci perechea terminală de foliole este transformată în spini lungi, puternici, recurbați, astfel încât rahisul alungit seamănă cu un harpon (Fig. 172).



Fig. 172. *Desmoncus polyacanthos* (de Martius, 1817-1820) (a se observa etimologia numelui speciei – *poly*, gr. – mult, *akantha*, *akanthos*, gr. – spin)

Palmierii cățărători pot fi considerați din punct de vedere ecologic drept cel mai înalt stadiu al grupului de „scramblers”, căruia îi aparțin multe alte liane din pădurea tropicală, cum ar fi specii de bambus, printre altele. Multe specii de bambus urcă la înălțimi mari în arbori; dar, mai frecvent, rămân sub nivelul coroanei arborilor și se fixează de ramurile arborilor și arbuștilor mai mici prin intermediul mugurilor lor vegetativi recurbați, lungi și spinoși. Prin urmare, nu sunt prezente organe speciale de cățărare, în acest caz, dar unele particularități ale mugurilor, în special curbura lor, pot să fi apărut ca adaptări pentru cățărare.

Specii din familia *Cyclanthaceae* și *Pandanaceae*, care sunt înrudite cu palmierii, au și reprezentanți lianoizi. Dintre *Cyclanthaceae*, găsim liane la speciile din genurile *Carludovica* și *Sarcinanthus* (America tropicală); din *Pandanaceae*, numeroase specii de *Freycinetia* din Arhipelagul Malay și Polinezia sunt liane. Toate cele trei genuri constau în întregime sau parțial din forme cățărătoare prin rădăcini și, în propriile lor zone unde vegetează, formează elemente constitutive remarcabile ale pădurii tropicale. Speciile din familia *Pandanaceae* sunt cățărătoare înalte, care ajung la coroanele celor mai înalți arbori și le îmbracă tulpinile într-un mod foarte luxuriant, cu lăstari lungi, prevăzuți cu frunze. Speciile de *Carludovica* sunt cățărătoare mai puțin înalte și mai puțin viguroși.

Printre alte liane monocotiledonate, pe lângă cele menționate, trebuie amintite genurile din familia *Araceae*: *Philodendron*, *Monstera*, *Pothos* și unele mai mici, care conțin cățărătoare prin rădăcini, înalte, cu frunze mari, care formează una dintre cele mai izbitoare caracteristici ale pădurii tropicale, în special în America. Tulpinile acestor liane, ca și cele ale genului *Carludovica*, produc pe toată lungimea lor numeroase rădăcini adventive de natură anatomică și fiziologică destul de diferite (Fig. 173, 174). Unele sunt dezvoltate ca rădăcini de ancorare și sunt relativ scurte (deseori 20-30 de centimetri, sau chiar mai puțin); acestea sunt clar negativ heliotrope, astfel încât se presează direct pe suport, crescând aproape orizontal. În structura histologică a rădăcinilor de ancorare, elementele mecanice sunt proeminente, în special sub formă de fibre dure, în timp ce elementele conductoare sunt foarte slab dezvoltate (Fig. 174 b).

Rădăcinile absorbante sunt pozitiv geotrope și cresc în jos fără a se ramifica până când ajung la nivelul sol; odată ajunse acolo, creșterea apicală încetează de obicei în curând, în timp ce numeroase rădăcini laterale sunt generate din regiunea apicală și coboară vertical în sol; situația este valabilă și dacă rădăcinile ajung la apă.

La multe specii, rădăcinile absorbante se strecoară pe suprafața „scoarței”, de-a lungul propriei lor tulpini; dar la altele, mai ales la cele care urcă sus printre ramuri, rădăcinile absorbante coboară liber prin aer și, după ce generează rădăcini terestre, formează cordoane întinse strâns (Fig. 85), care sunt adesea extrem de lungi, însă relativ subțiri, ca niște frânghii (desemnate cu termenul generic „cipo” de brazilieni).

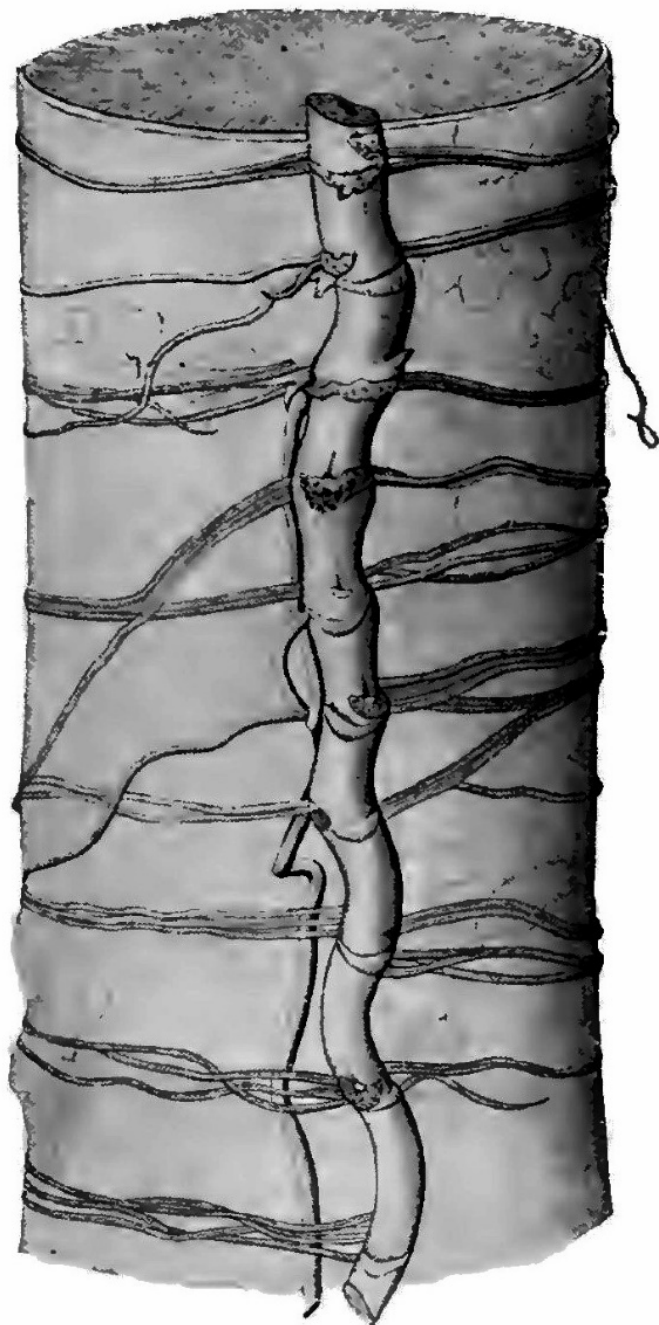


Fig. 173. Tulpina de *Philodendron melanochrysum* cu rădăcini absorbante verticale și rădăcini de ancorare orizontale (Schimper, 1903)

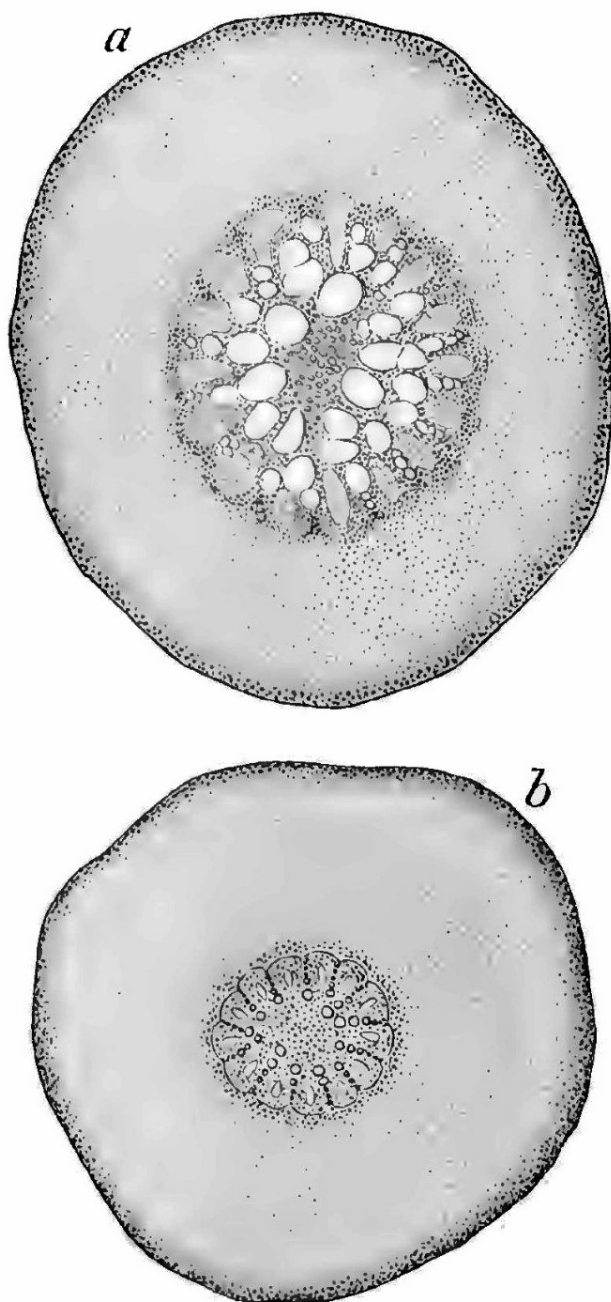


Fig. 174. *Anthurium* sp., liană epifită – secțiuni transversale prin rădăcini: a, rădăcină absorbantă; b, rădăcină cu rol de ancorare (Schimper, 1903)

La rădăcinile absorbante, spre deosebire de rădăcinile de ancorare, elementele conductoare sunt puternic dezvoltate, iar elementele mecanice slab dezvoltate (Fig. 174a).

Pe lângă speciile cățărătoare prin rădăcini, menționate până acum, există în pădurea tropicală multe alte tipuri lemnoase, de exemplu, specii de *Piper* și *Ficus*, dar și specii erbacee, cum ar fi de *Vanilla* (Fig. 175; 176) și *Begonia*. În America tropicală sunt răspândite speciile de *Marcgravia* (Fig. 177), care urcă și ele prin intermediul rădăcinilor de ancorare, și sunt interesante din cauza dimorfismului foliar marcant, cele de pe ramurile așezate pe trunchiul de susținere diferind de cele purtate de ramurile care se răspândesc liber.

Speciile volubile cresc destul de liber, adeseori ca o săgeată printre tulpinile arborilor, fie că s-au ridicat la lumină folosind o tulpină subțire care a murit între timp, fie că s-au înălțat de la început fără suport. Speciile care se înalță foarte sus în pădurile tropicale aparțin familiilor *Menispermaceae*, *Magnoliaceae* (*Schizandra*, *Kadsura*), *Malpighiaceae*, *Euphorbiaceae* (*Tragia*, *Dalechampia*), *Combretaceae* (*Combretum*), *Asclepiadaceae*, *Compositae* (*Mikania*).

Majoritatea tipurilor mari de liane lemnoase din pădurea tropicală, în special cele cu tulpini groase și lobate sau despicate în secțiune transversală, aparțin celui mai specializat tip de plante cățărătoare, cele cățărătoare prin cârcei. De regulă, această trăsătură se poate recunoaște doar printr-o observare a porțiunii superioare a plantei, care se află ascunsă între ramurile coronamentului cu frunziș al pădurii.

Cele mai răspândite, mai remarcabile și mai mari specii cățărătoare aparțin genului *Bauhinia*, ale cărui specii au tulpini de formă de bandă aplatizată, prezentând curburi ondulate mai mult sau mai puțin accentuate (Fig. 178; 179). Aceste undulații nu apar pe tulpinile tinere și dispar din nou mai devreme sau mai târziu, în decursul vieții plantei, deoarece pe cele curbate se depun straturi drepte de lemn (Fig. 179).

Semnificația ecologică a acestor undulații pare să fie legată de fixarea lianei de suport. Odată ce tulpina a devenit dreaptă, nu mai apare nicio piedică, iar greutatea ei o face să alunece treptat la sol. Chiar și tulpinile ondulate pot aluneca în jos din cauza morții ramurilor de susținere și a propriei lor greutate considerabile, ceea ce se traduce prin aspectul de tulpini spânzurate în jos de frunzișul arborilor.

Printre alte specii de cățărătoare prin cârcei din pădurea tropicală, există multe cu tulpini transformate în cârcei, din familia *Sapindaceae* (cățărătoare prin cârcei în formă de arcuri de ceasornic) având tulpini impresionante sub formă de cabluri formate din cordoane, specii de *Securidaca* (*Polygalaceae*), specii de *Hippocratea* (Fig. 181), specii de *Dalbergia* și *Machaerium* (Fig. 180) din Brazilia, multe specii de *Anonaceae* (cățărătoare prin cârlig), specii de *Cissus* (cățărătoare prin tulpini transformate în cârcei); dintre cățărătoarele prin frunze transformate în cârcei, speciile de *Bignoniaceae* au lemnul în formă de cruce în secțiune transversală.



Fig. 175. *Vanilla planifolia* (Meyer, 1895-1897)

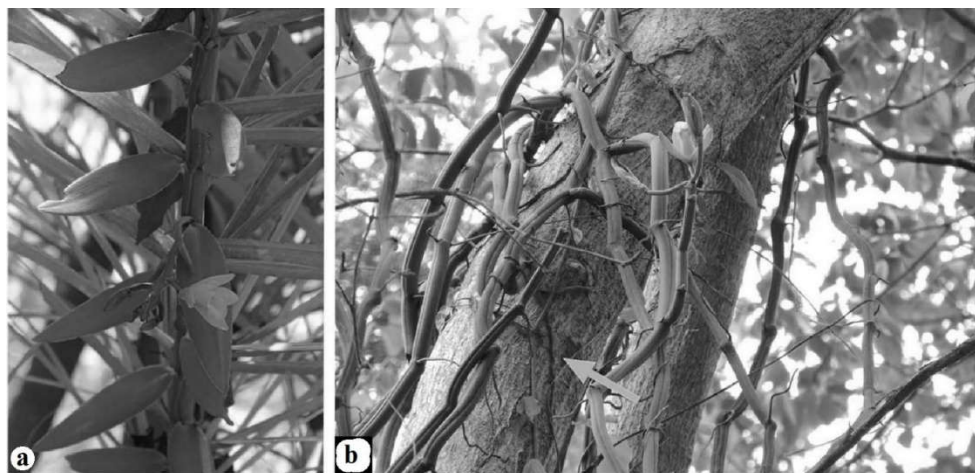


Fig. 176. a – *Vanilla palmatum* urcând pe rahisul frunzelor unui palmier; b – *Vanilla barbellata* și rădăcini fixatoare (adezive) lungi (marcate cu săgeată) (Sperotto *et al.*, 2020)



Fig. 177. *Marcgravia* sp. – rădăcini fixatoare (adezive) tinere (Sperotto *et al.*, 2020)

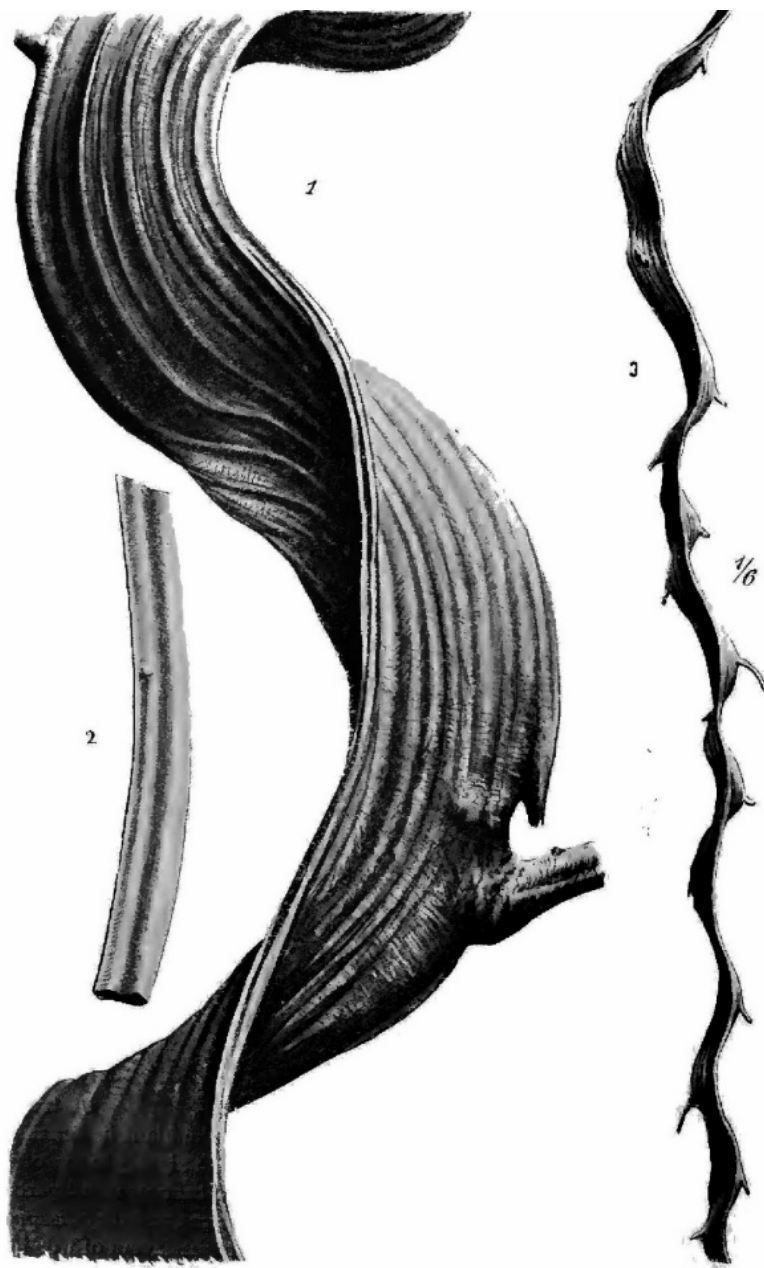


Fig. 178. *Bauhinia* sp. 1 – porțiune a unei tulpini tinere; 2 – Porțiune dintr-o tulpină relativ tânără și încă dreaptă; 3 – porțiune mai lungă a tulpinii în care, în Figura 1, este prezentată doar o parte (Schimper, 1903)



Fig. 179. *Bauhinia* sp. Tulpina tânără ondulată este plasată între două straturi drepte de creștere (Schimper, 1903)



Fig. 180. Ramura prehensilă (marcată cu săgeată) la *Machaerium* sp. (*Fabaceae*) (Sperotto *et al.*, 2020)



Fig. 181. *Hippocratea volubilis* (Celastraceae) – săgeata din stânga indică tulpina principală și una dintre ramurile sale prehensile care se răsucesc în jurul suportului (săgeata din dreapta) (Sperotto *et al.*, 2020)

FRUNZA

Generalități

Frunza este un organ vegetativ lateral, în general lățit, care se inseră la nodurile tulpinii și ale ramurilor acesteia.

Dintre funcțiile principale ale frunzelor normale menționăm:

- fotosinteza;
- respirația;
- transpirația.

Când frunzele îndeplinesc cu totul alte funcții, sau când una din funcțiile secundare devine principală, ele se numesc metamorfozate.

Cel mai adesea, frunza prezintă o orientare perpendiculară sau oblică pe tulpină, deci mai mult sau mai puțin orizontală, în timp ce tulpina pe care ia naștere este verticală.

Această orientare fiind realizată printr-o curbura către exterior, rezultă că țesuturile cele mai externe ale tulpinii ocupă fața inferioară a frunzei, în timp ce țesuturile cele mai interne ocupă fața superioară.

Așa se explică de ce, în fasciculele libero-lemnoase ale frunzei, lemnul este totdeauna orientat spre epiderma superioară, iar liberul spre cea inferioară (Fig. 182).

Ontogenia frunzei

Frunzele iau naștere din primordiile foliare (Fig. 183) ce se formează, acropetal, pe flancurile apexului caular, pe seama activității unor celule superficiale ale inelului inițial; doar la ferigi, frunza ia naștere dintr-o singură celulă inițială.

În marea majoritate a cazurilor, **creșterea** frunzei este mai întâi apicală, dar ea devine rapid intercalară sau bazilară la cele mai multe spermatofite, în timp ce *rămâne apicală la pteridofite, la foarte puține gimnosperme și la unele angiosperme.*

Creșterea în grosime a limbului foliar este limitată adesea numai la nervura mediană și are loc datorită activității unui meristem subepidermic.

Creșterea în lățime se datorește atât creșterii marginale, cât și celei în suprafață. Ea începe de la baza primordiului foliar, deplasându-se în anexele foliare și apoi în limb. Când această creștere persistă mai mult timp la baza primordiului, rezultă frunze cu limb mai lat decât lung (cordiform, reniform). Când creșterea persistă mai mult timp la mijlocul limbului, rezultă frunze cu limb eliptic sau lanceolat. Când creșterea este localizată îndeosebi la vârful primordiului, rezultă frunze cu limb mai lat în treimea superioară (obovate, spatulate) (Todor, 1958; Morariu, 1965).

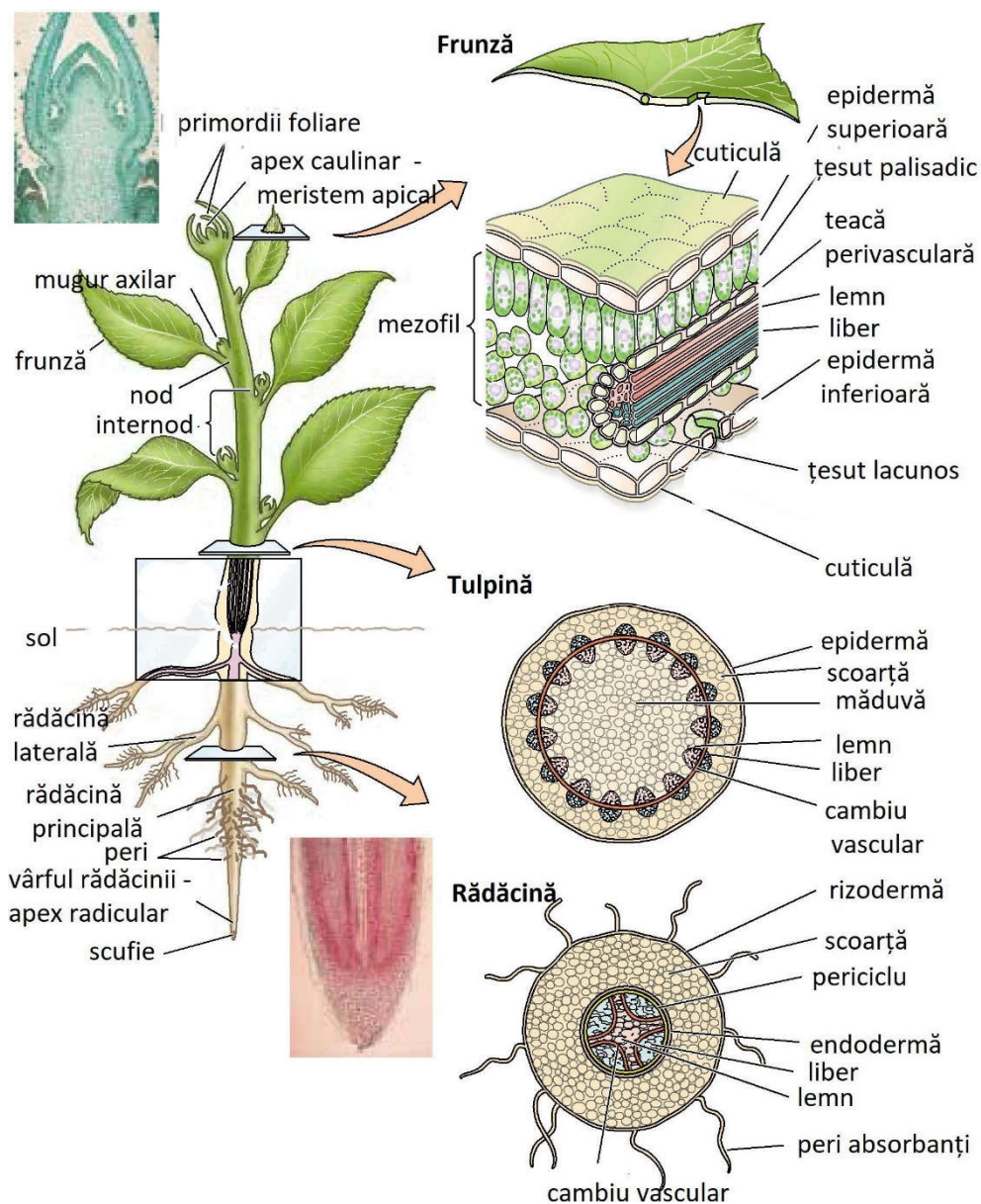


Fig. 182. Schemă a integrării celule-țesuturi-organe în corpul plantelor (adaptare după Taiz și Zeiger, 2002)

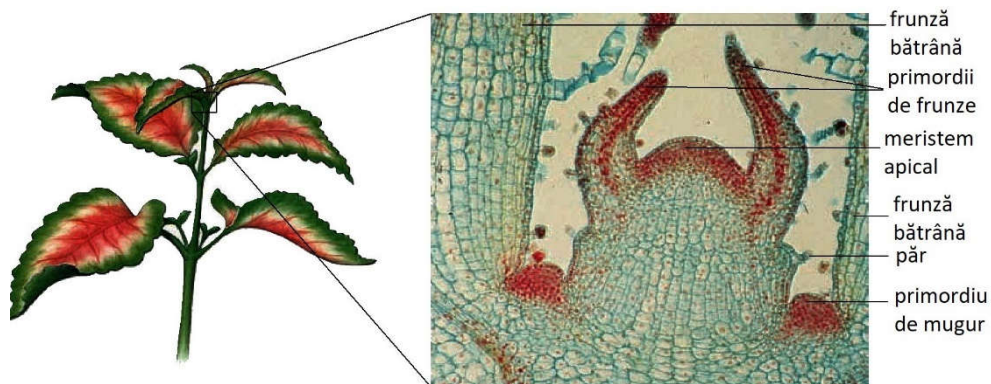


Fig. 183. Secțiune longitudinală printr-un mugur terminal la *Coleus* sp. – meristem apical, primordii foliare, primordii de muguri (Berg, 2008)

Filogenia frunzei

În dezvoltarea filogenetică a plantelor, cele dintâi expansiuni asemănătoare frunzelor apar la *alge*, cum ar fi la algele brune (*feofite*). Aceste expansiuni ale talului se numesc *filoide* și nu sunt decât uneori omoloage frunzelor.

Frunzișoarele *mușchilor*, deși mai bine diferențiate, rămân în general mai mici și mai simplu organizate; de asemenea, nu sunt omoloage cu frunzele fanerogamelor.

Frunza propriu-zisă apare pentru prima dată în istoria dezvoltării plantelor la *pteridofite*. Asupra procesului de formare a frunzei există două căi posibile.

În ambele cazurile de formare a frunzei, aceasta pleacă de la lăstari ramificați, din rizomii orizontali, se îndreaptă și cresc în aer formând tulpini numite *telomi* (Fig. 184), cu rolul de a ridica capetele ramificate dichotomic de la sol (ca la *Rhynia*).

Telomii aveau în structura internă fascicule de vase și la vârf purtau spori (telomi fertili), iar alții îndeplineau funcția de asimilație. Pentru adaptarea la asimilația clorofiliană, era necesar să se expună la lumină o cantitate mai mare de clorofilă și în strat subțire. Pentru a capta mai multă energie luminoasă, unii telomi s-au lățit, dând naștere frunzelor mari de la ferigi, a căror creștere în lungime se face printr-o celulă apicală și este nedefinită (Todor, 1958; Morariu, 1965).

La alte plante, pe telomi au apărut expansiuni laterale (ca la *Asteroxylon*), acestea au devenit frunze mici, ca cele de la lycopodiacee.

Tipuri de frunze în raport cu dezvoltarea ontogenetică

În decursul dezvoltării plantei, se pot deosebi mai multe tipuri de frunze, în raport cu vârsta, funcțiile și poziția lor pe tulpină. Frunzele, în raport cu vârsta, sunt: cotiledonare (cotiledoanele), inferioare (catafile), mijlocii (nomofile) și superioare (hipsofile) (Todor, 1958; Morariu, 1965).

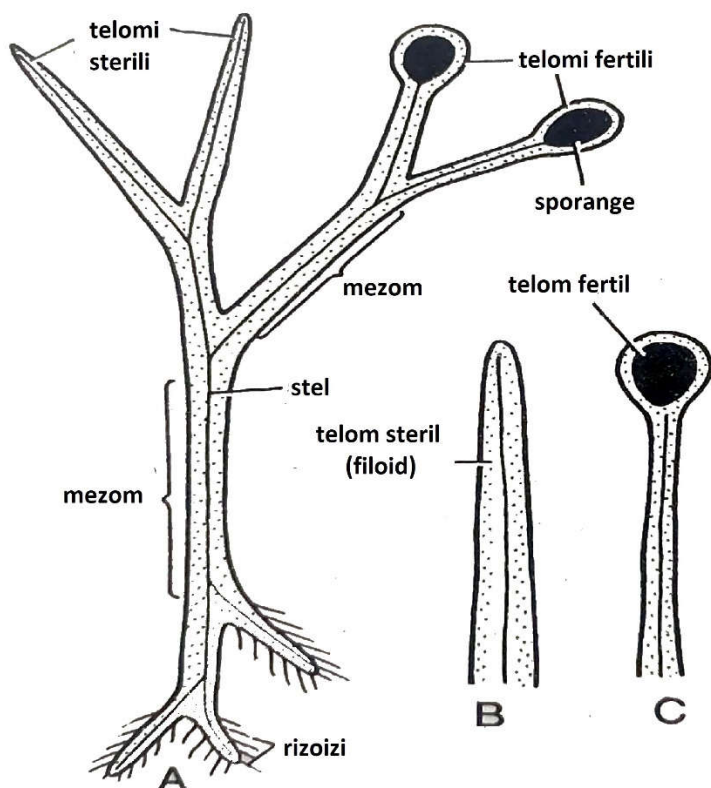


Fig. 184. Telomi la plante vasculare terestre primitive – *Psilophytales* (modificat după Zimmerman, 1959)

1. Cotiledoanele apar la plantulă în faza de embrion, dar ele sunt modificate și adaptate pentru a servi nutriția în perioada germinației și imediat după aceea.

La majoritatea plantelor cu *germinație epigee* (Fig. 105), cotiledoanele, scoase din sol, formează cloroplaste și au rol asimilator în primele etape ale ontogenezei plantei, iar după un timp se usucă și cad (trifoi, floarea soarelui, fasole, mulți arbori de pădure și pomi fructiferi).

La plantele cu *germinație hipogee* (Fig. 105), cotiledoanele rămân în sol, sunt groase, bogate în rezerve nutritive și nu conțin cloroplaste (mazăre, stejar, majoritatea monocotiledonatelor).

Numărul cotiledoanelor variază: 1 la pteridofite, 2-15 la gimnosperme, 2 la dicotiledonate și 1 la monocotiledonate. La multe plante semiparazite (vâsc) și parazite (cuscută, lupoaie), precum și la orhidee, cotiledoanele lipsesc din embrionul foarte rudimentar al seminței.

Forma cotiledoanelor variază mult. Ele pot fi semisferice ca la mazăre (Fig. 185-1), aciculare la molid (Fig. 185-2), sau reniforme la soia; foliacee, verzi, ce asimilează, la fag (Fig. 185-3) (Toma *et al.*, 2003).

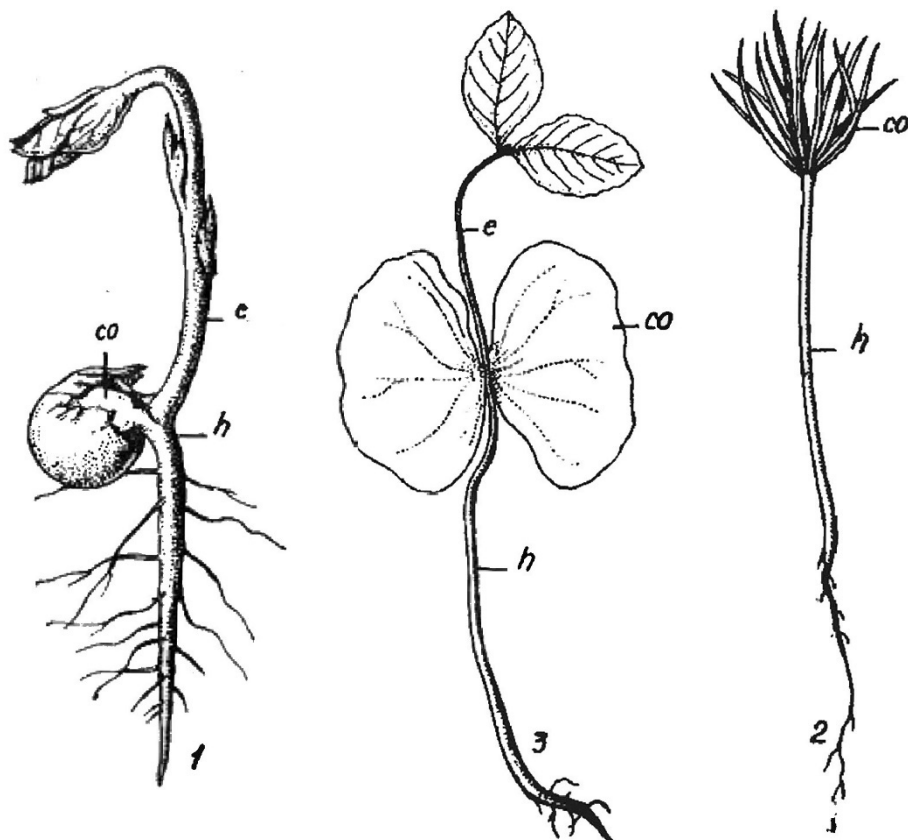


Fig. 185. Tipuri de cotiledoane la germinarea seminței: 1 – mazăre (germinație hipogee); 2 – molid (*Picea excelsa*); 3 – fag (*Fagus sylvatica*) (2,3: germinație epigee); co – cotiledon; h – hipocotil; e – epicotil (Todor, 1958)

2. Frunzele inferioare (catafile) sunt cele rămase în formă de solzi sau scvame, tari, pergamentoase, brune sau albe, provenite din transformarea tecilor foliare (Fig. 186). Ele îndeplinesc o funcție de protecție în jurul mugurilor și bulbilor, dar se află și pe rizomi și tuberculi.

3. Frunzele mijlocii (nomofile) sunt cele verzi, propriu-zise, asimilatoare, caracteristice speciei. Ele pot prezenta diferențe morfologice, după cum sunt bazale sau tulpinale.

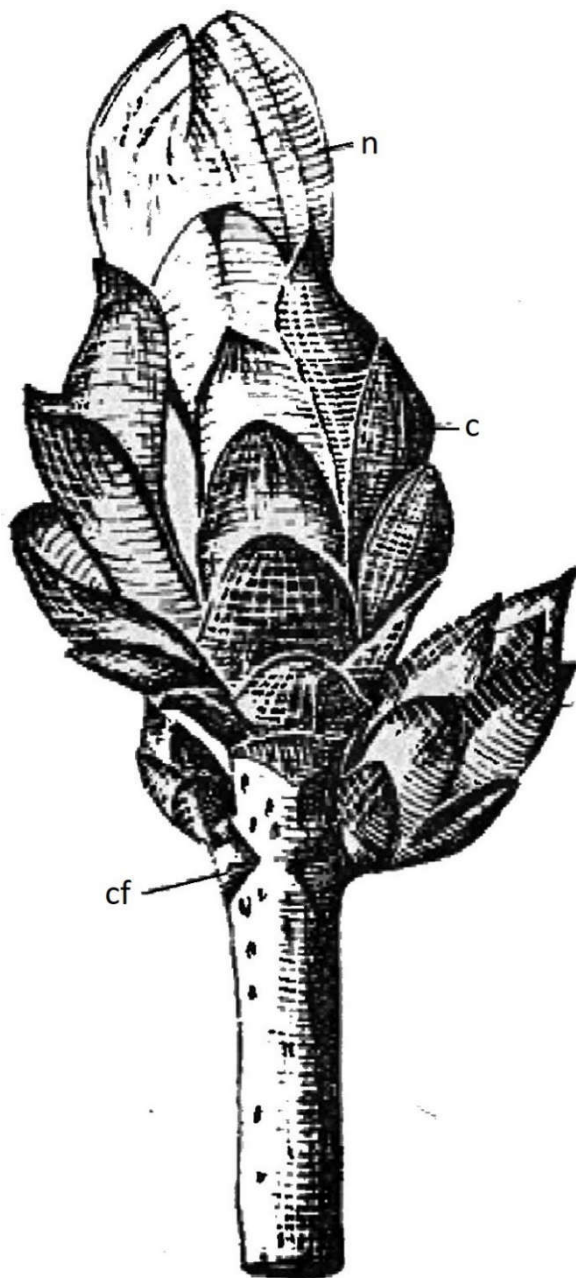


Fig. 186. Catafile la castanul porcesc (*Aesculus hippocastanum*): c – catafile; n – nomofile;
cf – cicatricea frunzei (Todor, 1958)

4. Frunzele superioare (hipsofile, *hypsos*, gr. – înalt, înălțime) (Fig. 187) sunt dispuse în părțile dinspre vârful tulpinilor, în regiunile florifere; sunt ultimele apărute în viața plantei.

Dintre acestea, fac parte bracteele florale și bracteolele, bracteele ce constituie cupa fagaceelor, caliciul exterior la *Malvaceae*, involucrul la *Compositae* și *Umbeliferae*, dar și spata apărătoare a florilor de *Arum* sau *Galanthus* și chiar glumele și glumelele Gramineelor (Toma *et al.*, 2003).

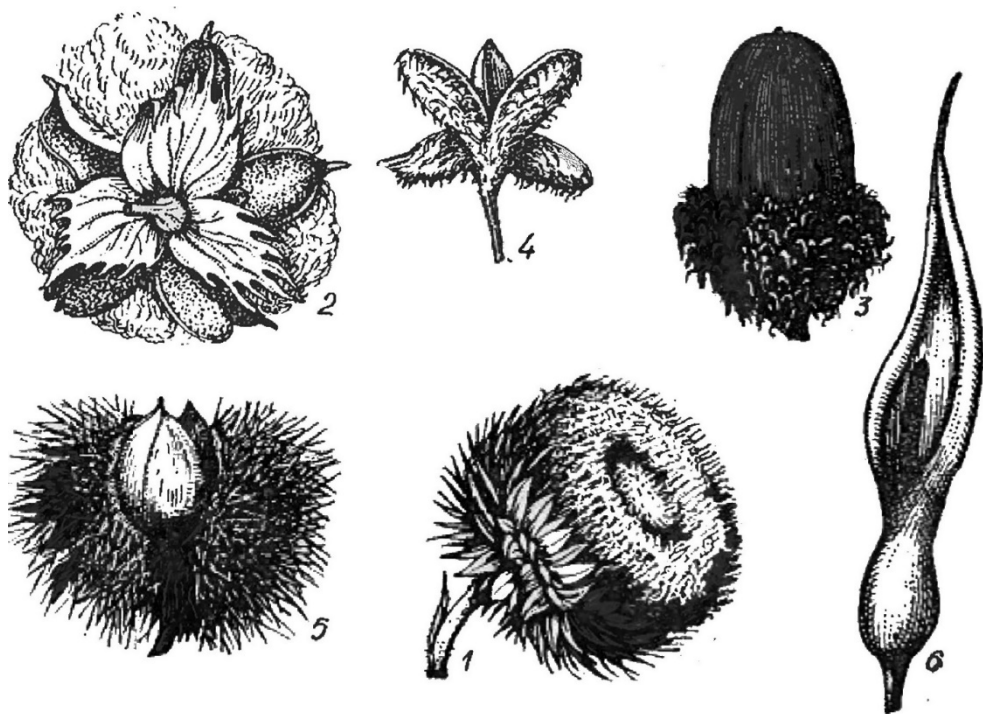


Fig. 187. Tipuri de hipsofile: 1 – la ciulin (*Carduus nutans*); 2 – la bumbac (*Gossypium hirsutum*); 3 – la cer (*Quercus cerris*); 4 – la fag (*Fagus sylvatica*); 5 – la castan comestibil (*Castanea sativa*); 6 – spata la rodul pământului (*Arum maculatum*) (Todor, 1958)

Prefoliație sau vernație

Modul de așezare a frunzelor tinere în mugur, independent unele de altele, se numește *prefoliație* sau *vernație*. În interiorul unui mugur, frunzele se dispun în așa fel, încât să ocupe cât mai puțin loc. După modul de așezare, se deosebesc mai multe feluri de prefoliații, dintre care mai frecvente sunt:

1. Prefoliație plană, întâlnită la unele conifere cum este pinul. Frunzele stau în mugur, opus, una față de cealaltă (Fig. 188-1).



Fig. 188. Tipuri de prefoliație: 1 – plană la pinul negru (*Pinus nigra*); 2 – conduplicată la ulm (*Ulmus foliacea*); 3 – plicată la fag (*Fagus sylvatica*); 4 – involută la plop (*Populus nigra*); 5 – revolută la ștevie (*Rumex patientia*); 6 – convolută la lăcrămioare (*Convallaria majalis*); 7 – circinată la ferigă (*Dryopteris filix-mas*) (Todor, 1958)

2. Prefoliație conduplicată. Cele două jumătăți ale frunzei sunt îndoite în lungul nervurii mediane, suprapunându-se una peste cealaltă. Frunzele de ulm (Fig. 188-2), trandafir, stejar, au prefoliație conduplicată.
3. Prefoliație plicată. Limbul frunzelor este plisat în lungul nervurilor. La frunzele de tip penat, se face în lungul nervurilor laterale, astfel la fag (Fig. 188-3), carpen, iar la frunzele palmate, plisarea este în formă de raze pe linia nervurii principale, de exemplu la arțar, crețișoară etc.
4. Prefoliație involută. În acest caz, frunzele își răsucesc marginile spre fața superioară. Se întâlnește la păr, plopul negru (Fig. 188-4), vioreaua mirositoare (*Viola odorata*).
5. Prefoliație revolută. Constă în răsucirea marginilor frunzei spre fața inferioară. Astfel de exemple se întâlnesc la ștevie (*Rumex* – diferite specii – Fig. 188-5), ciuboțica cucului (*Primula veris*).
6. Prefoliație convolută (răsucită). În cazul acesta, frunza este răsucită de la o margine la cealaltă, asemănător unei țigări. Frunze cu prefoliație convolută

sunt la cais, lăcrămioare (Fig. 188-6), *Canna indica* ș. a. Răsucirea poate avea loc de la dreapta la stânga, sau de la stânga la dreapta.

7. Prefoliație circinată sau scorpioidă, caracteristică frunzelor unor ferigi, cum sunt spinarea lupului (*Dryopteris felix-mas* – Fig. 188-7), țolul lupului (*Pteridium aquilinum*) ș. a. Frunza se răsucește de la vârf, asemănător unei spirale (Todor, 1958).

Estivație (foliație)

Dispunerea frunzelor într-un mugur, ținându-se seama de raportul dintre ele, se numește estivație.

1. Estivație amplexă sau echitantă. În această dispunere, frunzele mai nou formate au marginile lor acoperite de frunzele vechi. La exterior, ansamblul acestor frunze prezintă obișnuit două muchii, de exemplu, la graminee, stânjenel (Fig. 189-1a), sau chiar 3 muchii, la rogoz (Fig. 189-1b).
2. Estivație obvolută sau semiechitantă. În acest caz, câte doua frunze, acoperite prin marginile lor, sunt dispuse perpendicular pe cele mai vechi, sau pe următoarele. Estivație obvolută întâlnim la salvie (*Salvia* – Fig. 189-2), floarea cucului (*Lychnis flos-cuculi*) ș.a.
3. Estivație liberă sau apertă. Frunzele într-un mugur nu se ating între ele, prezentându-se răsucite. Astfel sunt dispuse în muguri frunzele la plop (Fig. 188-4).

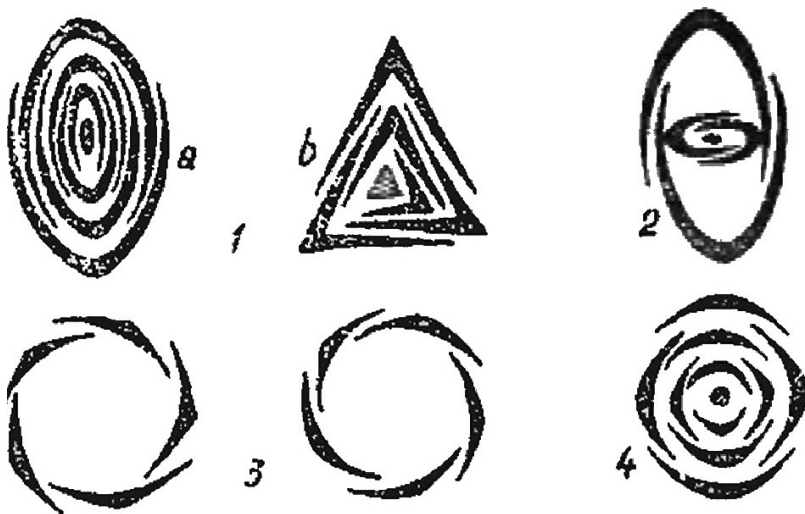


Fig. 189. Tipuri de estivație (schemă): 1 – amplexă (echitantă); a – la stânjenel (*Iris*); b – la rogoz (*Carex*); 2 – obvolută (semiechitantă) la salvie (*Salvia*); 3 – contortă la gențiană (*Gentiana*); 4 – imbricată la liliac (*Syringa*) (Todor, 1958)

4. Estivație contortă. Această dispunere este caracteristică pentru unele familii, astfel la *Convolvulaceae*, *Gentianaceae* (Fig. 189-3) ș.a. Frunzele, în acest caz, în dispunerea lor, se acoperă pe jumătate, prezentându-se răsucit.
5. Estivație imbricată. Frunzele mai vechi acoperă pe cele mai noi, dispuse perpendicular, de exemplu, la liliac (*Syringa vulgaris* – Fig. 189-4) (Todor, 1958).

Morfologia frunzei

Părțile componente ale unei frunze complete sunt următoarele (Fig. 190):

a) Limbul, lamina sau „foaia”.

b) Pețiolul sau codița.

c) Baza sau teacă.

Nu toate frunzele au aceste părți componente; la unele poate lipsi lamina, la altele baza frunzei sau chiar pețiolul.

Dintre cele trei părți componente ale frunzei, cea mai importantă este *limbul*, datorită funcțiilor pe care le derulează.

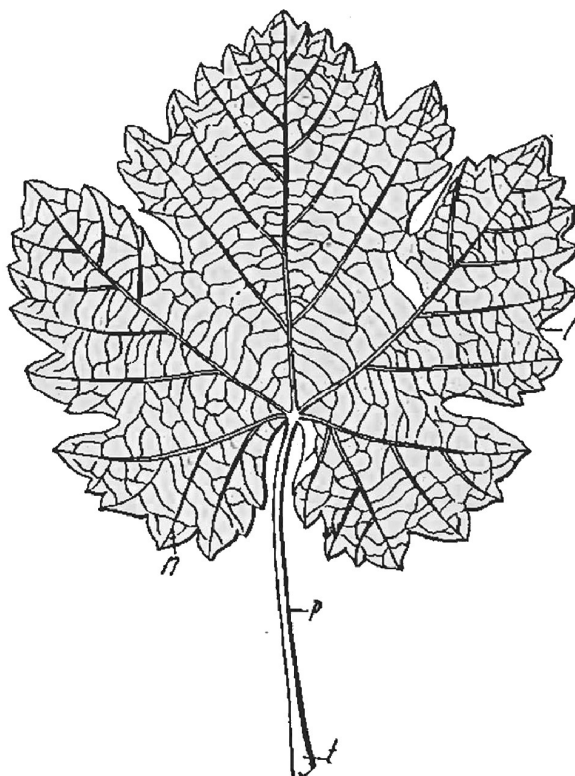


Fig. 190. Frunză completă de viță de vie (*Vitis vinifera*); l – limb; p – pețiol; t – teacă; n – nervură (Todor, 1958)

Frunzele sunt de două mari categorii: simple și compuse.

I. Frunze simple

A. Limbul frunzei

Partea esențială a frunzei, ca organ asimilator, este limbul lățit, formând o suprafață mare, verde, prin care interceptează lumina solară și se fac schimburile de substanțe gazoase cu atmosfera.

Limbul se reduce uneori, sau se transformă, și atunci alte organe îi iau locul.

1. Forma limbului este foarte variabilă și, în descrieri, este raportată la o *formă geometrică* de bază sau indicată printr-un termen de comparație cu un *organ* sau *corp* cunoscut.

Se pot lua ca forme fundamentale, ținând seama de raportul dintre lățime și lungime, patru tipuri (Fig. 191):

- (1) *rotundă* – are lungimea și lățimea egală între ele.
- (2) *eliptică* – prezintă lungimea cam de două ori mai mare decât lățimea, iar lățimea cea mai mare este la mijloc.
- (3) *oblongă* – prezintă lungimea de mai multe ori (3-5) mai mare decât lățimea, iar lățimea maximă este la mijloc pe o distanță oarecare.
- (4) *alungită* – de mai multe ori mai mare decât lățimea (Todor, 1958; Morariu, 1965).

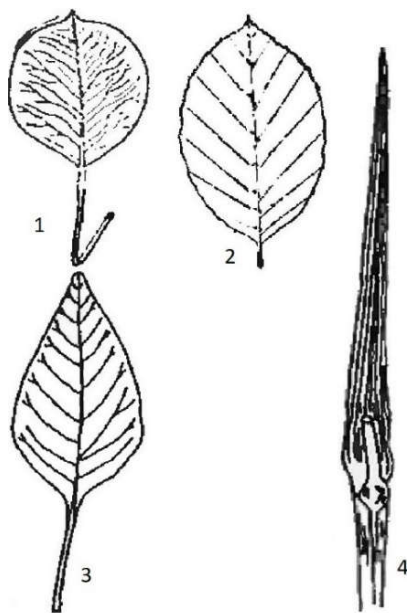


Fig. 191. Cele patru tipuri principale de formă de limb foliar: 1 – rotundă; 2 – eliptică; 3 – oblongă; 4 – alungită (prelucrat după Todor, 1958)

Forme de limb foliar

- circulară (diametre egale, întretăiate la mijloc): plop tremurător – *Populus tremula* – fam. *Salicaceae* (Fig. 192a).
- eliptică (diametre inegale, întretăiate la mijloc): dârmoz – *Viburnum lantana* – fam. *Caprifoliaceae* (Fig. 192b).
- ovală sau ovată (diametre inegale, întretăiate în treimea inferioară): păr – *Pyrus sativa*, fam. *Rosaceae* (Fig. 192c).
- obovată (invers ovată): scumpie – *Cotinus coggygria* – fam. *Anacardiaceae* (Fig. 192d).
- oblongă (ovat-lanceolată, cu limb de 3-5 ori mai lung decât lat): știr – *Amaranthus retroflexus* – fam. *Amaranthaceae* (Fig. 192e).
- lanceolată (limb de cel puțin 5 ori mai lung decât lat): salcie albă – *Salix alba* – fam. *Salicaceae* (Fig. 192f).
- liniară (limb foarte alungit):
- *tipică* – la majoritatea plantelor din fam. *Poaceae*: firuță – *Poa pratensis* (Fig. 192g).
- *aciculară* – la majoritatea gimnospermelor: pin – *Pinus sylvestris* – fam. *Pinaceae* (Fig. 192h).
- *ensiformă* (limb în formă de sabie): stânjenel – *Iris germanica* – fam. *Iridaceae* (Fig. 192i).
- *fistuloasă* (limb cilindric-turtit, gol în interior): ceapă – *Allium cepa* – fam. *Liliaceae*.
- *cordiliniiformă* (limb aplatizat): usturoi – *Allium sativum* – fam. *Liliaceae*.
- *reniformă* (limb în formă de rinichi): pochwic – *Asarum europaeum* – fam. *Aristolochiaceae* (Fig. 192j).
- *cordiformă* (limb în formă de inimă): tei pucios – *Tilia cordata* – fam. *Tiliaceae* (Fig. 192k).
- *triunghiulară*: lobodă – *Atriplex hortensis* – fam. *Chenopodiaceae* (Fig. 192l).
- *romboidală*: mesteacăn – *Betula pendula* – fam. *Betulaceae* (Fig. 192m).
- *deltoidă* (limb de forma literei grecești delta): plop negru – *Populus nigra* – fam. *Salicaceae* (Fig. 192n).
- *sagitată*: limbul frunzei aeriene de săgeata apei – *Sagittaria sagittifolia* – fam. *Alismataceae* (Fig. 192o).
- *cuneată* sau *spatulată* (limb în formă de spatulă): bumbișori – *Bellis perennis* – fam. *Asteraceae* (Fig. 192p).
- *scutată* (limb în formă de scut): măcriș – *Rumex scutatus* – fam. *Polygonaceae* (Fig. 192r).
- *falcată* (limb în formă de coasă): urechea iepurelui – *Bupleurum falcatum* – fam. *Apiaceae*.
- *hastată* (limb de forma unei pene de hârleț): volbură – *Convolvulus arvensis* – fam. *Convolvulaceae* (Fig. 192q).

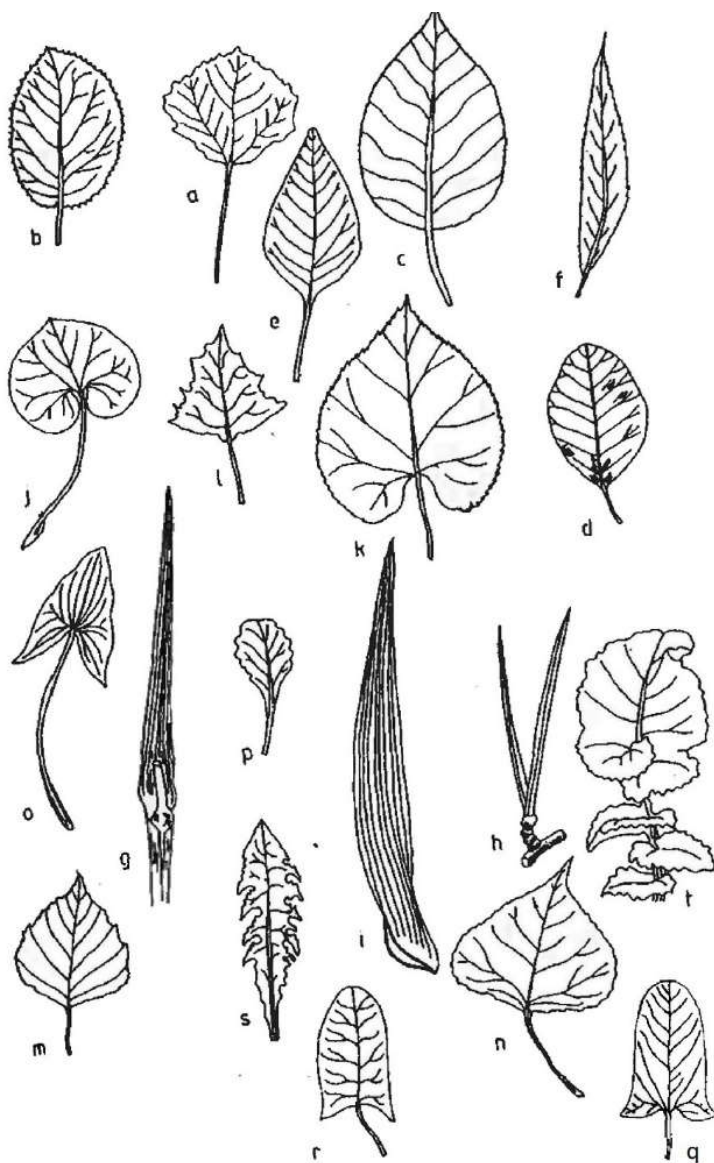


Fig. 192. Tipuri de frunze, după forma limbului: a – circulară: *Populus tremula*; b – eliptică: *Viburnum lantana*; c – ovală: *Pyrus sativa*; d – obovată: *Cotinus coggygia*; e – oblongă: *Amaranthus retroflexus*; f – lanceolată: *Salix alba*; g – liniară: *Poa pratensis*; h – aciculară: *Pinus sylvestris*; i – ensiformă: *Iris germanica*; j – reniformă: *Asarum europaeum*; k – cordiformă: *Tilia cordata*; l – triunghiulară: *Atriplex hortensis*; m – romboidală: *Betula pendula*; n – deltoidă: *Populus nigra*; o – sagitată: *Sagittaria sagittifolia*; p – cuneată: *Bellis perennis*; r – scutată: *Rumex scutatus*; s – runcinată: *Taraxacum officinalis*; t – lirată: *Raphanus sativus* (Toma et al., 2003)

- runcinată (limb cu lobi inegali, îndreptați cu vârful spre bază, cel terminal fiind mult mai mare): păpădie – *Taraxacum officinale* – fam. *Asteraceae* (Fig. 192s).
- lirată (limb în formă de liră, cu lobul terminal foarte mare): ridiche – *Raphanus sativus* – fam. *Brassicaceae* (Fig. 192t) (Toma *et al.*, 2003).

2. Baza limbului

- rotundă: păr – *Pyrus sativa* – fam. *Rosaceae* (Fig. 192c).
- cordată: tei pucios – *Tilia cordata* – fam. *Tiliaceae* (Fig. 192k).
- sagitată: săgeata apei – *Sagittaria sagittifolia* – fam. *Alismataceae* (Fig. 192o).
- hastată: volbură – *Convolvulus arvensis* – fam. *Convolvulaceae* (Fig. 193a);
măcriș mărunț – *Rumex acetosella* – fam. *Polygonaceae* (Fig. 192p).
- reniformă: pochivnic – *Asarum europaeum* – fam. *Aristolochiaceae* (Fig. 192j).
- cuneată (îngustată lent): bumbișori – *Bellis perennis* – fam. *Asteraceae* (Fig. 192p).
- atenuată: toporaș – *Viola elatior* – fam. *Violaceae* (Fig. 193b).
- acută sau ascuțită: salcie albă – *Salix alba* – fam. *Salicaceae* (Fig. 192f).
- dilatată: susai – *Sonchus oleraceus* – fam. *Asteraceae* (Fig. 193c).
- auriculată (cu urechiușe): tutun – *Nicotiana tabacum* – fam. *Solanaceae* (Fig. 193d).
- asimetrică: ulm – *Ulmus minor* – fam. *Ulmaceae* (Fig. 193e) (Toma *et al.*, 2003).

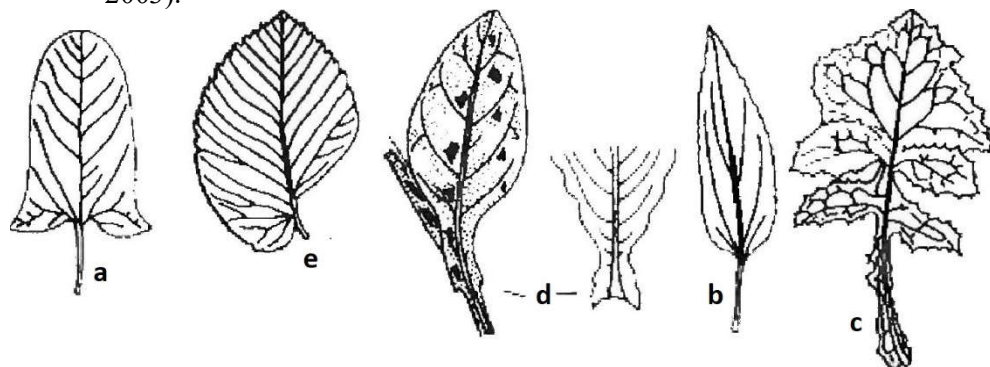


Fig. 193. Baza limbului: a – hastată: *Convolvulus arvensis*; b – atenuată: *Viola elatior*; c – dilatată: *Sonchus oleraceus*; d – auriculată: *Nicotiana tabacum*; e – asimetrică: *Ulmus minor* (Toma *et al.*, 2003)

3. Vârful limbului este partea opusă a locului de prindere al pețiolului (Fig. 190).

El poate fi:

- ascuțit ca la salcie (*Salix caprea*, Fig. 194-1);
- acuminat ca la hrișcă (*Fagopyrum sagittatum*, Fig. 194-2);

- cuspidat (lung și ascuțit treptat) ca la salcia plângătoare (*Salix babylonica*, Fig. 194-3);
- rotund cum e cazul la scumpie (*Cotinus coggygria*);
- obtuz ca la pojarniță (*Hypericum perforatum*, Fig. 194-4);
- retezat și mucronat cum se întâlnește la coroniște (*Coronilla varia* – Fig. 194-8);
- emarginat (în acest caz vârful este știrbit) ca la arinul negru (*Alnus glutinosa*) sau la frunzele de la trifoiul alb (*Trifolium repens*);
- mucronat, când vârful se termină cu o prelungire mică, continuarea nervurii mediane, cum e la sulfină (*Melilotus officinalis*), lucernă, unele specii de mazărice de primăvară (*Vicia sativa*);
- spinos, prelungirea nervurii mediane este rigidă, lungă, ascuțită și țepoasă, cum este la unele plante numite popular „spini” sau „scai”, frecvent întâlnite pe pășuni (*Cirsium lanceolatum* – Fig. 194-7).

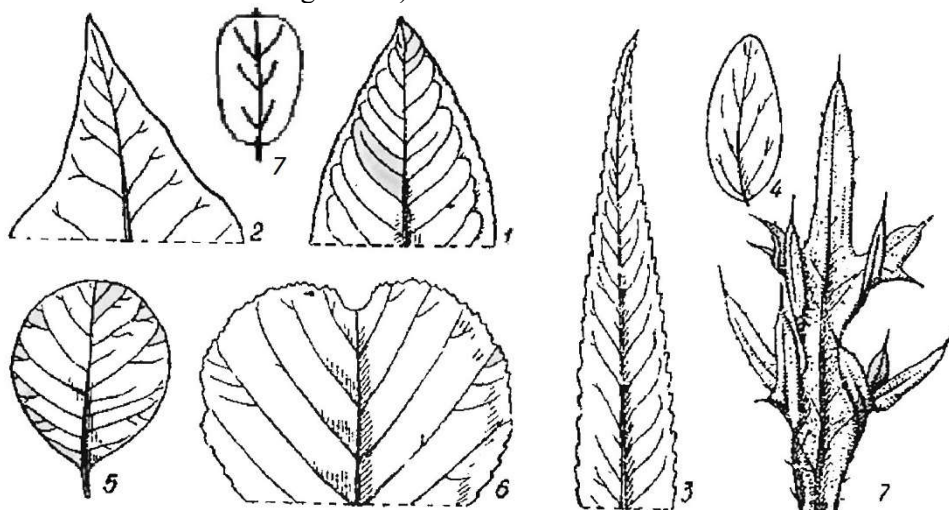


Fig. 194. Tipuri de vârf: 1 – ascuțit la salcie (*Salix caprea*); 2 – acuminat la hrișcă (*Fagopyrum sagittatum*); 3 – cuspidat la salcia pletoasă (*Salix babylonica*); 4 – obtuz la pojarniță (*Hypericum perforatum*); 5 – rotund la scumpie (*Cotinus coggygria*); 6 – emarginat la arinul negru (*Alnus glutinosa*); 7 – spinos la scai (*Cirsium lanceolatum*) (Todor, 1958)

4. Marginea limbului poate fi:

A) *întreagă* (Fig. 195-1; la poživnic – Fig. 192j) sau cu incizii de forme și profunzimi diferite. Marginea întreagă la rândul ei poate fi netedă, aspră (scabră), ciliată cu peri lungi și rari, ondulată, încrețită etc.

B) Marginea cu *inciziuni mici*:

– *serată* – incizii ascuțite și dinții la fel ascuțiți și înclinați spre vârful frunzei (ulm – Fig. 193e; tei pucios – Fig. 192k; Fig. 195-3);

– *dințată* – inciziile sunt rotunjite, iar dinții ascuțiți și drepti (Fig. 192n dârmoz; Fig. 195-2).

- *crenată* – dinții sunt rotunjiți și inciziile ascuțite (Fig. 195-4);
- *sinuată (ondulată)* – inciziile rotunjite și dinții rotunjiți (Fig. 195-5).

1 — întreagă; 2 — dințată; 3 — serată; 4 — crenată; 5 — ondulată

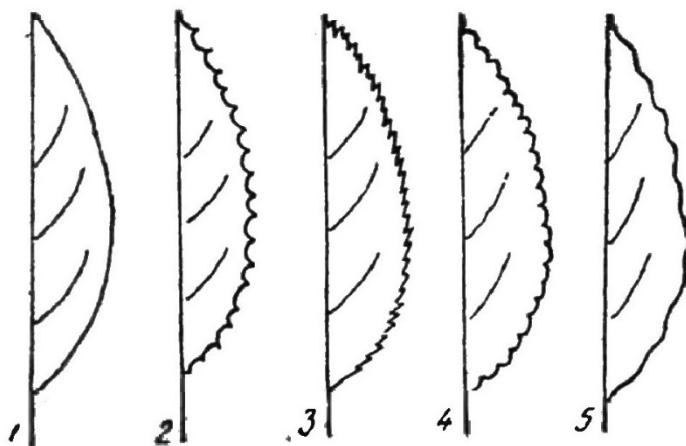


Fig. 195. Marginea limbului (Morariu, 1965)

C) Marginea cu *inciziuni mari*:

a) lobată (inciziunile ajung până la 1/4 din jumătatea limbului):

– penat-lobată: stejar – *Quercus robur* – fam. *Fagaceae* (Fig. 196a).

– palmat-lobată: arțar – *Acer platanoides* – fam. *Aceraceae*; iederă: – *Hedera helix* – fam. *Araliaceae* (Fig. 196b).

b) fidată (inciziunile ajung până la 2/4 din jumătatea limbului):

– penat-fidată: sorb sau scoruș de pădure – *Sorbus torminalis* – fam. *Rosaceae* (Fig. 196c).

– palmat-fidată: ricin – *Ricinus communis* – fam. *Euphorbiaceae* (Fig. 196d).

c) partită (inciziunile ajung până la 3/4 din jumătatea limbului):

– penat-partită: traista ciobanului – *Capsella bursa-pastoris* – fam. *Brassicaceae* (Fig. 196e).

– palmat-partită: piciorul cocoșului – *Ranunculus acer* – fam. *Ranunculaceae* (Fig. 196f).

d) sectată (inciziunile ajung până la nervura mediană):

– penat-sectată: odolean – *Valeriana officinalis* – fam. *Valerianaceae* (Fig. 196g).

– întrerupt-penat-sectată: cartof – *Solanum tuberosum* – fam. *Solanaceae* (Fig. 196h).

– palmat-sectată: cânepă – *Cannabis sativa* – fam. *Cannabinaceae* (Fig. 196i) (Toma et al., 2003).

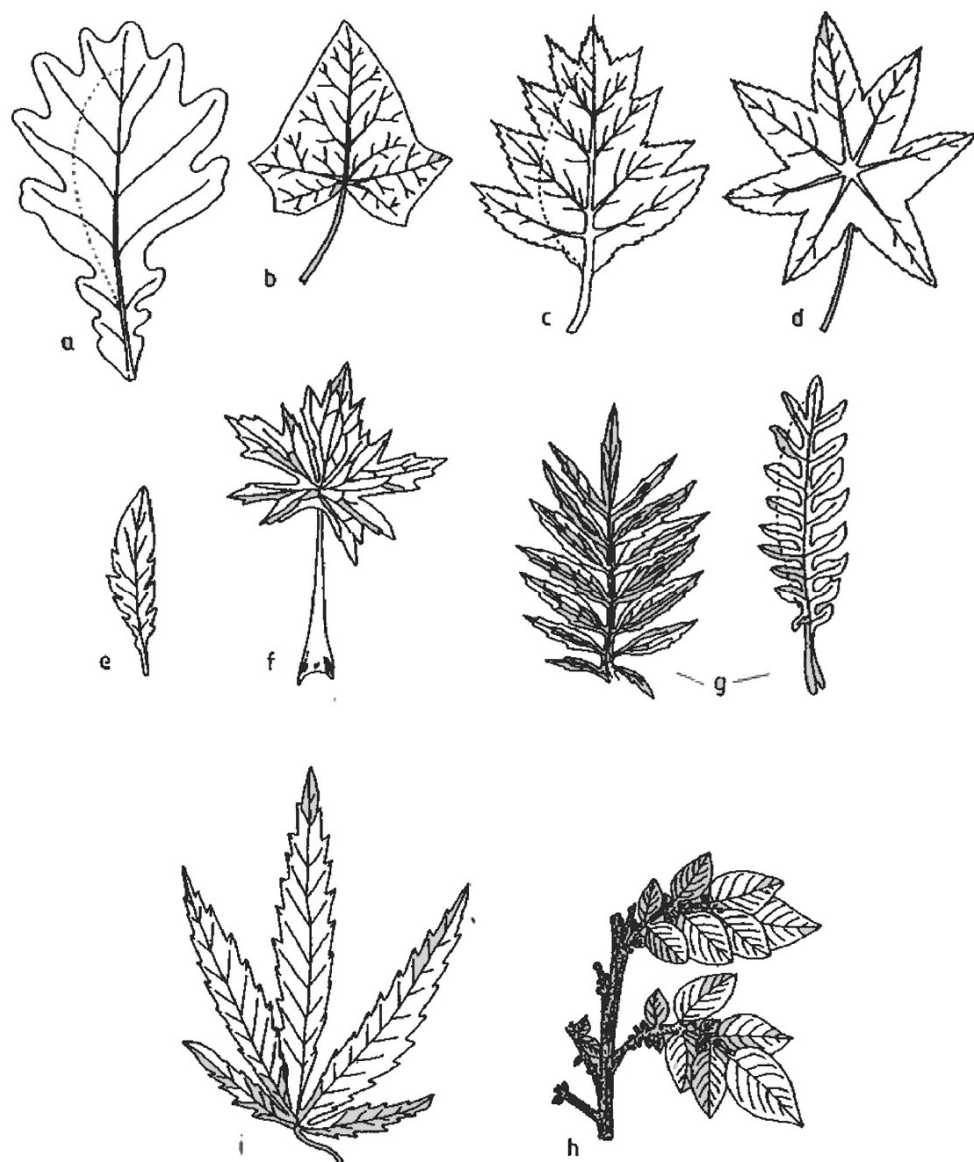


Fig. 196. Forme ale marginii limbului: cu inciziuni mari: **lobată**: a – penat: *Quercus robur*; b – palmat: *Hedera helix*; **fidată**: c – penat: *Sorbus torminalis*; d – palmat: *Ricinus communis*; **partită**: e – penat: *Capsella bursa-pastoris*; f – palmat: *Ranunculus acer*; **sectată**: g – penat: *Valeriana officinalis*; h – întrerupt-penat: *Solanum tuberosum*; i – palmat: *Cannabis sativa* (Toma et al., 2003)

Nervațiunea limbului

Prin nervațiune se înțelege modul de dispunere a nervurilor (fasciculelor libero-lemnoase din mezofil) dintr-un limb. Ea poate fi de mai multe feluri.

a. Nervațiunea dichotomică, cum arată și numele, se caracterizează prin nervurile ramificate dihotomic (fiecare nervură se împarte în două; și acestea la rândul lor în două, și așa mai departe). Se întâlnește la unele ferigi ornamentale de apartamente, cum este *Adiantum*, și la unele gimnosperme primitive ca *Ginkgo biloba* (Fig. 197A).

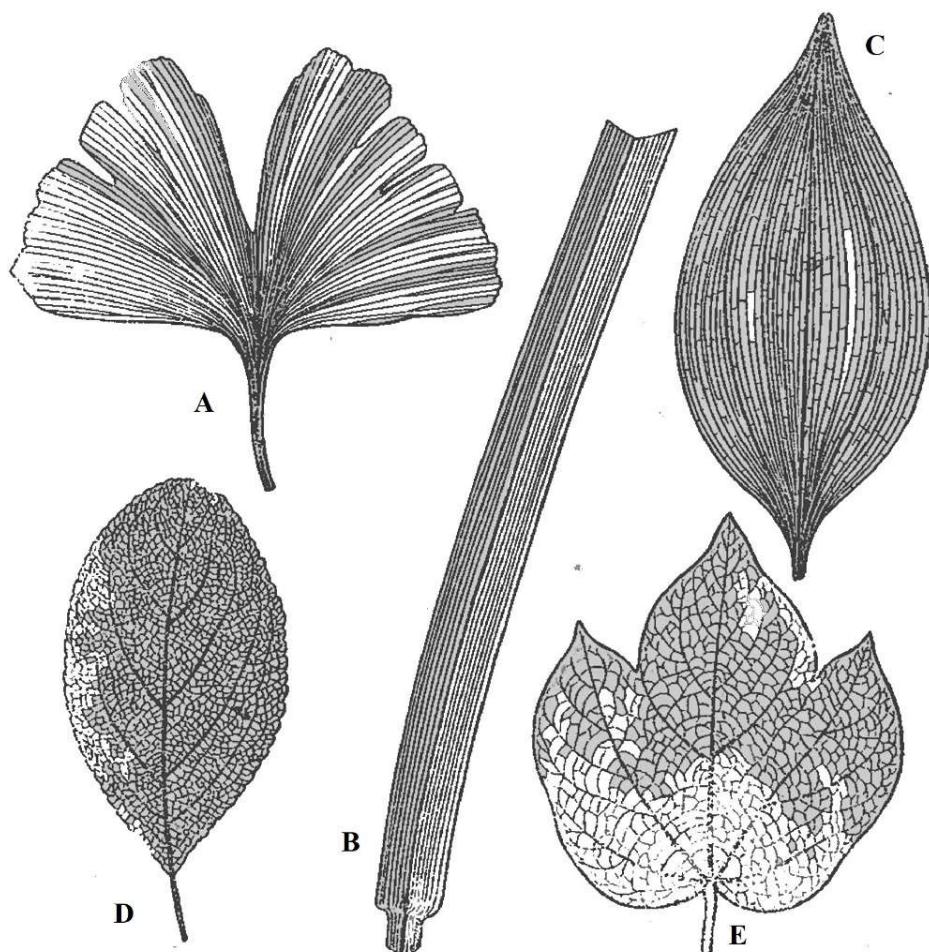


Fig. 197. Nervațiunea frunzei: A – frunză cu nervațiune dichotomică la *Ginkgo biloba*; B – nervațiune paralelă la graminee; C – nervațiune arcuată la pecetea lui Solomon (*Polygonatum latifolium*); D – nervațiune penată la prun (*Prunus domestica*); E – nervațiune palmată la bumbac (*Gossypium hirsutum*) (Todor, 1958)

b. Nervațiunea uninervă – frunza este străbătută numai de o singură nervură, de exemplu frunzele de molid, brad ș.a.

c. Nervațiunea penată. În acest caz, frunza este străbătută de o singură nervură principală sau primară numită și *rachis*, ce merge spre vârful frunzei, din care iau naștere nervuri secundare îndreptate spre marginea frunzei, iar din acestea alte ramificații de ordin superior. Acest tip de ramificație se aseamănă cu o pană de pasăre, de unde și numele. Astfel de frunze se găsesc la multe plante, cum sunt fagul, prunul (Fig. 197D), stejarul, mazăricea, mazărea ș.a.

d. Nervațiunea palmată. La nervațiunea palmată, din vârful pețiolului pleacă radiar mai multe nervuri principale, asemănător cu degetele mâinilor. Nervurile primare, în continuare, se ramifică după tipul penat. Frunzele cu asemenea nervațiuni se numesc palmate sau digitate. Exemple de frunze cu nervațiune palmată sunt la bumbac (Fig. 197E), ricin, arțar, trifoi etc.

e. Nervațiunea paralelă – întâlnită la graminee (Fig. 197B), cum sunt orzul, grâul, secara, sau ciperacee, la rogoz ș.a., nervurile ce pleacă de la baza limbului sunt paralele între ele și cu marginea frunzei.

f. Nervațiunea arcuată. Se întâlnește la unele frunze de tip ovat, astfel la pecetea lui Solomon (*Polygonatum latifolium* – Fig. 197C).

În acest caz, nervurile numeroase ce pleacă divergent din pețiol sunt arcuate și paralele cu marginea frunzei (Todor, 1958; Morariu, 1965).

II. Frunze compuse

Dacă segmentele unei frunze sectate ajung complet independente unul de altul și fiecare din ele este susținut de un pețiol propriu, ia naștere o **frunză compusă**, cu limbul constituit din mai multe frunze mici numite *foliole* (Fig. 198). Pețiolii foliolelor sau chiar direct foliola se articulează de axul (pețiolul) principal al frunzei.

După numărul și așezarea foliolelor, se deosebesc mai multe tipuri de frunze compuse. Frunza compusă numai din trei foliole se numește *trifoliată* (la trifoi, fasole, *Ptelea trifoliata*).

O frunză cu mai multe foliole divergente prinse în același loc pe pețiolul principal se numește *palmat compusă* (castan porcesc, lupin).

Frunzele formate din foliole dispuse lateral de o parte și de alta a pețiolului principal se numesc *penat compuse* (Fig. 198:3-4-5). Și aici există două cazuri, când pețiolul principal se termină cu o foliolă în vârf, deci foliolele sunt în număr nepereche, frunza este *imparipenat compusă* (salcâm, scoruș, sparcetă), iar când aceasta lipsește, deci foliolele laterale sunt perechi, se numește *paripenat compusă*, ca la roșcov (*Cerantia siliqua*), specii de *Lathyrus* etc. (Todor, 1958; Morariu, 1965).

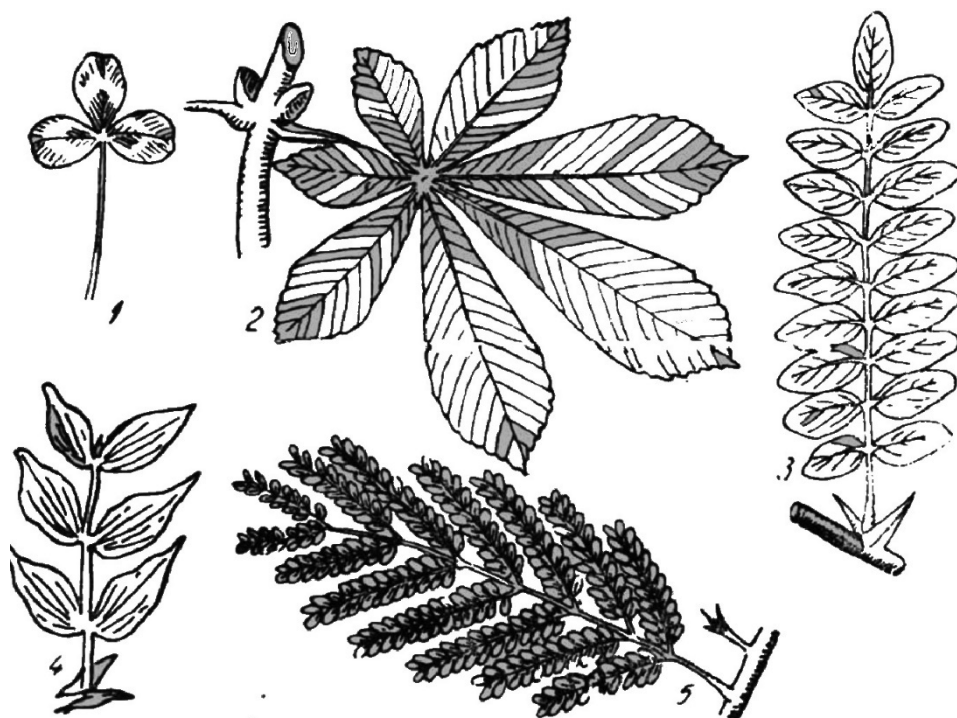


Fig. 198. Frunze compuse: 1 – trifoliată (trifoi); 2 – palmat-compusă (castan porcesc); 3 – imparipenat-compusă (salcâm); 4 – paripenat-compusă (*Lathyrus*); 5 – dublu-penat-compusă (glădiță) (Todor, 1958)

Uneori, frunzele sunt dublu compuse, adică, în loc să poarte foliole simple, acestea sunt fiecare din ele formate dintr-un ax cu mai multe foliole. Astfel de frunze se numesc, după așezarea foliolelor, *dublu penat compuse* (la glădiță – Fig. 198-5) sau *palmat penat compuse* (la *Mimosa*).

B. Pețiolul sau codița

Este partea frunzei care unește lamina cu teaca frunzei, sau direct cu tulpina. Frunzele cu codiță sau pețiol se numesc *pețiolate*.

Rolul pețiolului este de a orienta fețele frunzei spre lumină.

La cele mai multe plante, pețiolul se prinde la o margine a limbului, la altele pețiolul se înseră mai mult sau mai puțin în mijlocul limbului. Aceste frunze se numesc *peltate* (Fig. 199). Exemple de frunze peltate se întâlnesc la condurași (*Tropaeolum majus* – Fig. 199) sau la ricin (*Ricinus communis*).

Pețiolul frunzei (Fig. 200) poate fi *cilindric*, cum e la begonia, *turtit* și *răsucit* la plop, *umflat*, ajutând la plutirea în apă, la cornaci (*Trapa natans*).

Pețiolul mai poate fi *canaliculat* cum e la morcov, sau *auriculat* ca la portocal (*Citrus aurantium*) (Todor, 1958; Morariu, 1965).

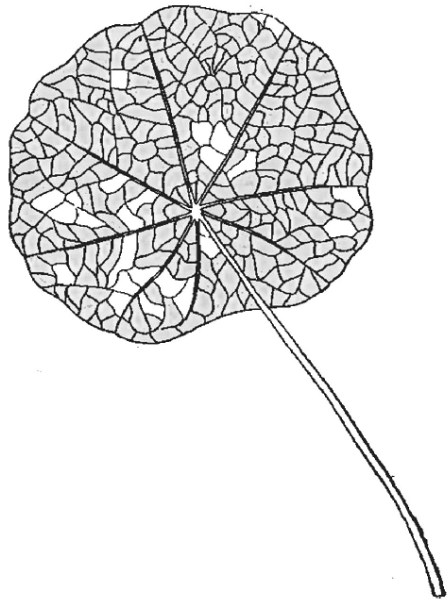


Fig. 199. Frunză peltată la conduraș – *Tropaeolum majus* (Todor, 1958)

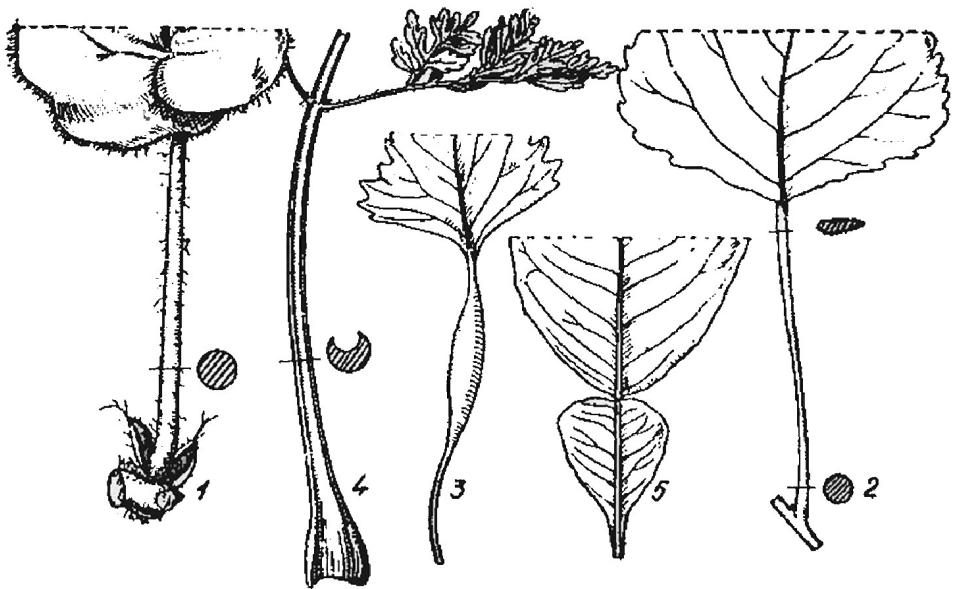


Fig. 200. Diferite forme de pețiol: 1 – cilindric la *Begonia*; 2 – turtit și răsucit la plop (*Populus nigra*); 3 – umflat la cornaci (*Trapa natans*); 4 – canaliculat la morcov (*Daucus carota*); 5 – auriculat la portocal (*Citrus aurantium*) (Todor, 1958)

Frunzele lipsite de petiol se numesc **sesile**. În acest caz, lamina se prinde direct pe tulpină. Acestea pot fi:

- **amplexicaule** (baza limbului înconjoară parțial tulpina): traista ciobanului – *Capsella bursa-pastoris*, fam. *Brassicaceae* (Fig. 201a).
- **perfoliate** (baza limbului înconjoară complet tulpina): păducherniță – *Lepidium perfoliatum* – fam. *Brassicaceae* (Fig. 201b); punguliță – *Thlaspi perfoliatum* – fam. *Brassicaceae* (Fig. 201c).



Fig. 201. Tipuri de frunze sesile: a – amplexicaule: *Capsella bursa-pastoris*; b, c – perfoliate: *Lepidium perfoliatum* (b), *Thlaspi perfoliatum* (c); d – decurrente: *Verbascum thapsus*; e – conate: *Lonicera caprifolium* (Toma et al., 2003) (atenție la etimologia numelor de specii – *perfoliatum*: *per-*, *peri-*, gr., în jurul, de jur împrejur; *folium*, lat., frunză)

– **decurente** (baza limbului se prelungește pe tulpină): lumânărică – *Verbascum thapsus* – fam. *Scrophulariaceae* (Fig. 201d); tutun – *Nicotiana tabacum* – fam. *Solanaceae*.

– **conate** (bazele de la două frunze opuse concresec): caprifoi – *Lonicera caprifolium* – fam. *Caprifoliaceae* (Fig. 201e) (Toma *et al.*, 2003).

C. Baza frunzei sau teaca

Frunza se fixează de nod prin **bază sau teacă** (Fig. 202). La multe plante, teaca se prezintă sub forma unei dilatații (arțar), la altele lipsește.

La graminee, teaca este deosebit de dezvoltată, la fel la specii de rogoz.

Teaca se prezintă sub forma unui cilindru ce înconjură tulpina pe o anumită porțiune, continuându-se apoi cu lamina. La graminee, teaca este despicată (Fig. 203), în timp ce la specii de rogoz este întreagă (Fig. 204), ușurând identificarea acestor două grupe de plante după acest caracter. De asemenea, unele umbelifere au frunza cu teaca foarte dezvoltată, chiar umflată (*ventricoasă*), de exemplu la angelică (*Angelica archangelica*) (Todor, 1958; Morariu, 1965).

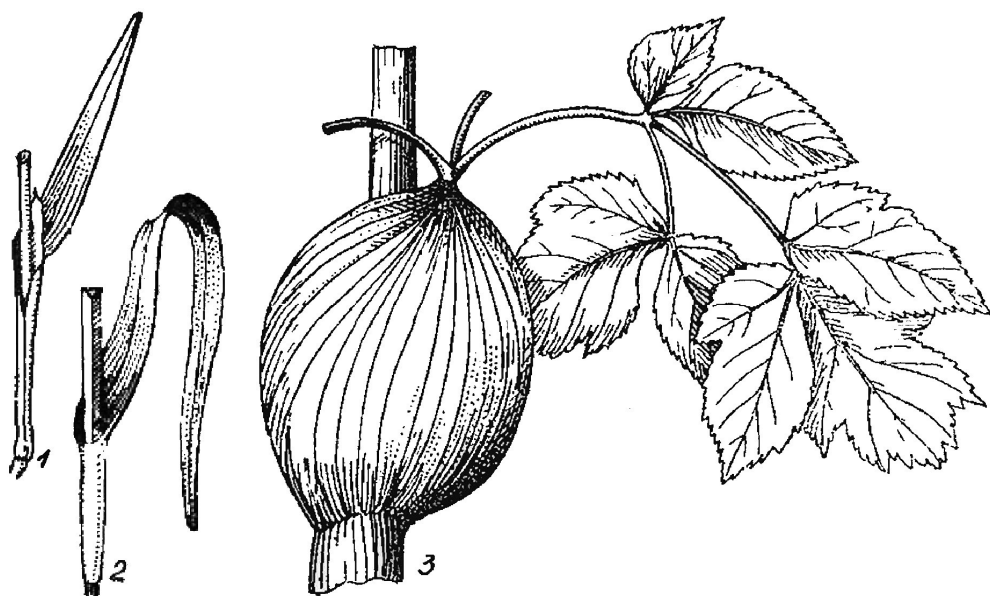


Fig. 202. Exemple de teci: 1 – teacă despicată la graminee; 2 – teacă întreagă la specii de rogoz (*Cyperaceae*); 3 – teacă umflată la angelică (*Angelica archangelica*) (Todor, 1958)



Fig. 203. Teacă despicată la stuf – *Phragmites australis* (original)



Fig. 204. Teacă întreagă la *Carex morrowii* (original)

Anexele foliare

Sunt prezente numai la unele plante, mai ales când teaca nu este vizibilă.

a. stipele: de regulă sunt perechi, fiind inserate pe laturile pețiolului, între acesta și tulpină ori opuse pețiolului, având rol în protecția mugurilor axilari, în fotosinteză (mazăre, mazărice, turiță – Fig. 205-4), în apărare (salcâm), în agățare (salce).

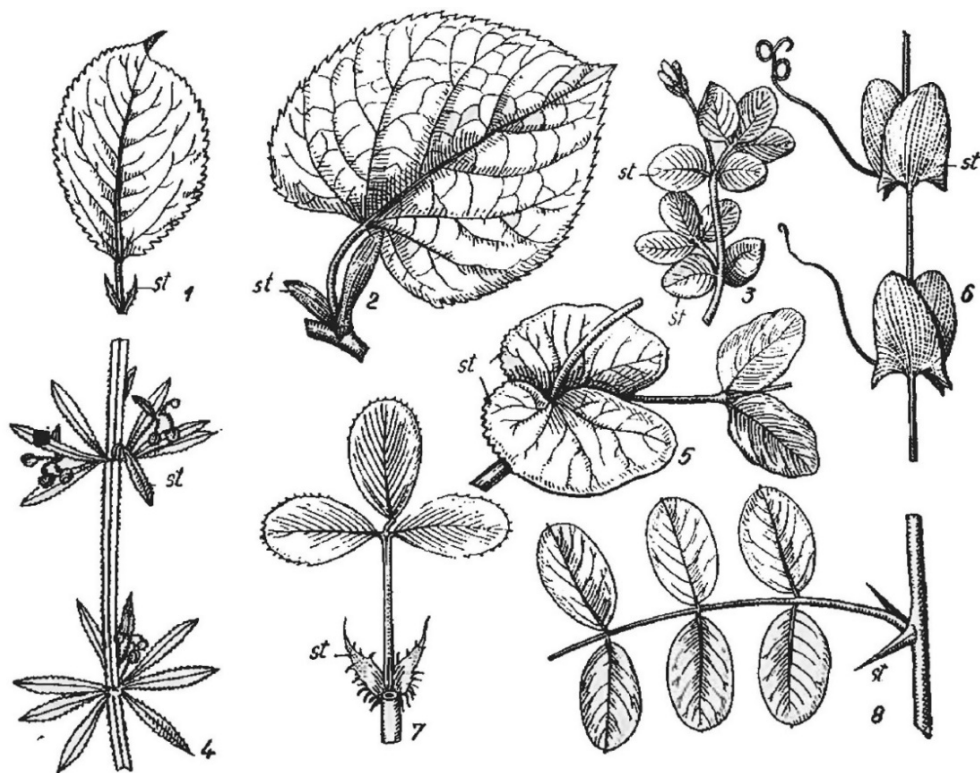


Fig. 205. Tipuri de stipele (st): 1 – la corcoduș (*Prunus cerasifera*); 2 – la tei (*Tilia argentea*); 3 – la ghizdei (*Lotus corniculatus*); 4 – la turiță (*Galium tricorne*); 5 – la mazăre (*Pisum sativum*); 6 – *Lathyrus aphaca*; 7 – la lucernă (*Medicago sativa*); 8 – la salcâm (*Robinia pseudoacacia*) (Todor, 1958)

Stipelele pot fi: înguste și liniare, la corcoduș (*Prunus cerasifera* – Fig. 205-1) solziforme (tei – Fig. 205-2, fag, carpen), foliacee și mici (trifoi), foliacee și mari (ghizdei – Fig. 205-3), foliacee și condescute cu pețiolul (măceș – *Rosa canina* – fam. *Rosaceae*), foliacee și foarte mari (mazăre – *Pisum sativum* – fam. *Fabaceae* – Fig. 205-5), asemănătoare cu frunzele (sânziene, turiță), transformate în spini (salcâm –

Robinia pseudoacacia – fam. *Fabaceae* – Fig. 205-8) sau în *cârcei* (salce – *Smilax aspera* – fam. *Liliaceae*), *stipele mari și hastate* (*Lathyrus aphaca* – Fig. 205-7).

După cum se poate observa, există o mare diversitate de forme ale stipelelor; uneori, acestea pot suferi și modificări diverse (Fig. 206).

Astfel, speciile genului *Smilax* (familia *Liliaceae*) sunt cele mai neobișnuite dintre monocotiledonate prin faptul că fiecare frunză poartă două structuri în poziție stipelară care sunt modificate în *cârcei*. Structurile stipelare de la alte monocotiledonate apar singure și sunt de obicei membranare sau, dimpotrivă, sunt destul de nesemnificative. La dicotiledonate, stipelele pot persista atâta timp cât persistă frunza, sau pot cădea cu mult timp înainte sau după căderea frunzei, sau deloc. Astfel de stipele persistente sunt de obicei modificate sub formă de țepi lemnoși care persistă mulți ani. Spinii stipelari ai unor specii de *Acacia* sunt goi în interior și locuiți de furnici. Una din fiecare pereche de spini stipelari de la *Paliurus spina-christi* este dreaptă, iar cealaltă este oblică (Fig. 207). De asemenea, există stipele care sunt modificate sub formă de glande nectarifere extraflorale, sau apar ca franjuri de fire de păr. La multe plante, stipelele solziforme ale frunzelor se adună într-un mugur latent, îndeplinind un rol protector.

Uneori, în frunzele compuse ale unor dicotiledonate, perechea proximală de foliole este poziționată foarte aproape de punctul de inserție al frunzei la nod și, astfel, pare să fie în poziție stipelară. Pot fi prezente, de asemenea, stipele adevărate, caz în care natura foliolelor bazale este evidentă; în caz contrar, aceste foliole sunt uneori denumite *pseudostipele*. Aceste foliole sunt, de asemenea, denumite *pseudostipele* dacă familia căreia îi aparține planta este predominant exstipelată (lipsită de stipele). *Pseudostipelele* pot avea o formă diferită față de alte foliole de pe aceeași frunză (Fig. 208; 209).

b. ochree: un cornet sau o pâlnie membranoasă care învelește baza internodurilor, protejând frunzele tinere; este caracteristică plantelor din fam. *Polygonaceae*: iarbă roșie – *Polygonum lapathifolium* (Fig. 210e) – *Polygonum cuspidatum* (Fig. 210a).

c. ligulă: formațiune membranoasă situată între limb și teacă, fiind caracteristică multor plante din familia *Poaceae*: firuță – *Poa pratensis* (Fig. 210b), *Poa trivialis* (Fig. 210c), apărând planta de pătrunderea apei între teacă și tulpină.

d. urechiușe: expansiuni laterale situate la nivelul articulației cu teaca, înconjurând parțial sau total tulpina, caracterizând unele plante din fam. *Poaceae*: orz – *Hordeum vulgare* (Fig. 210d) (Toma *et al.*, 2003).

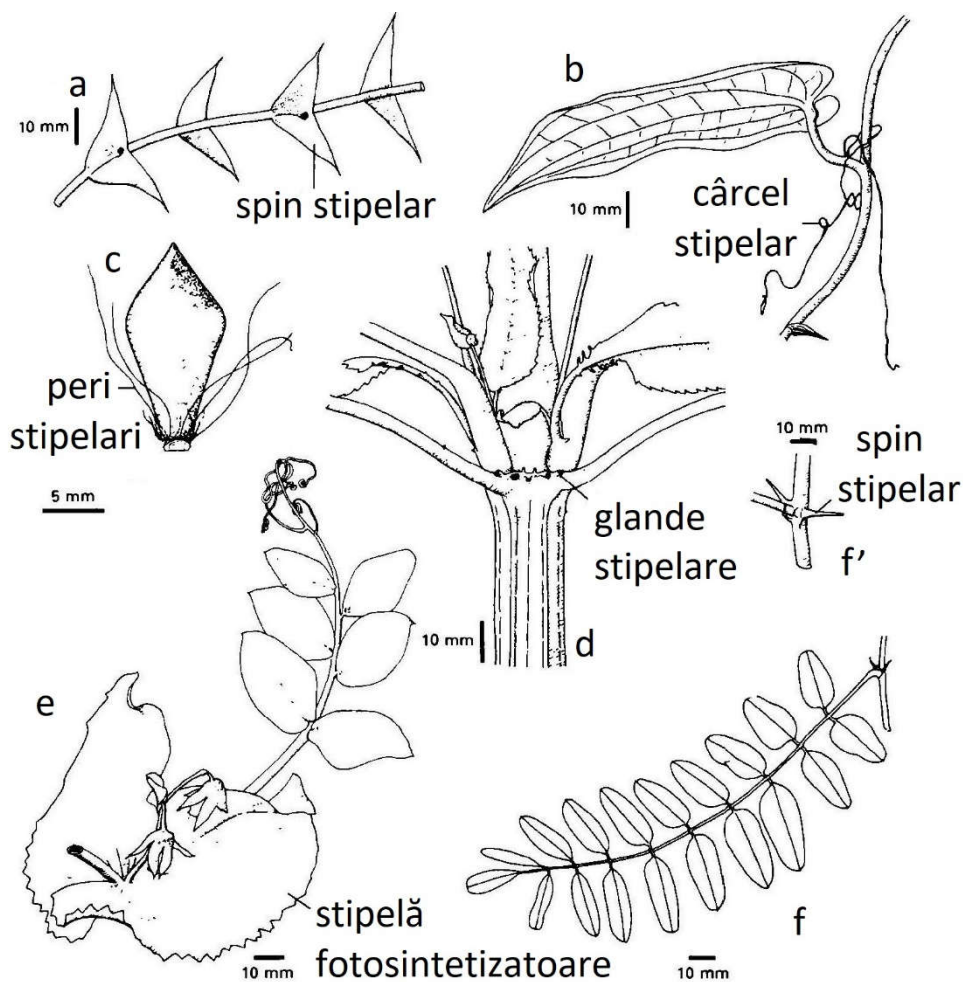


Fig. 206. Modificări ale stipelelor: a – *Acacia hindisii*, perechi de stipele lemnoase; b – *Smilax lanceifolia*, un singur nod; c – *Anacampseros* sp., o singură frunză; d – *Impatiens balsamina*, pereche de frunze la nod; e – *Pisum sativum*, o singură frunză la nod; f – *Robinia pseudoacacia*, o singură frunză la nod și nod văzut de aproape (f') (Bell, 1991)



Fig. 207. Spini stipelari – *Paliurus spina-christi* (original)

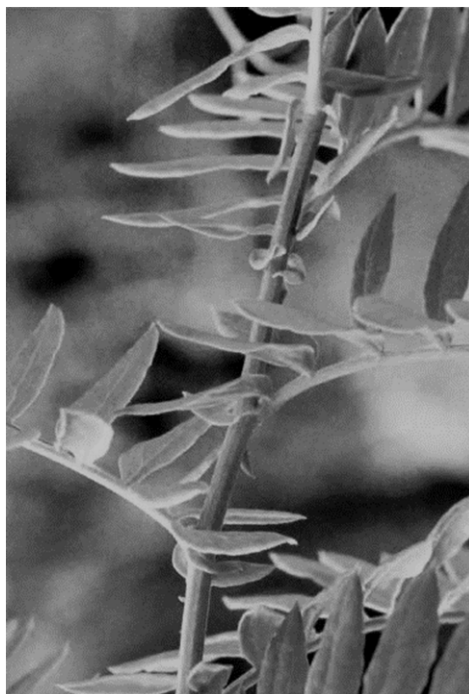


Fig. 208. *Mutisia acuminata* – perechea proximală, adică perechea bazală de foliole a frunzei penate, este situată într-o poziție stipelară; familia *Compositae* (*Asteraceae*) este preponderent o familie cu specii exstipelate (Bell, 1991)

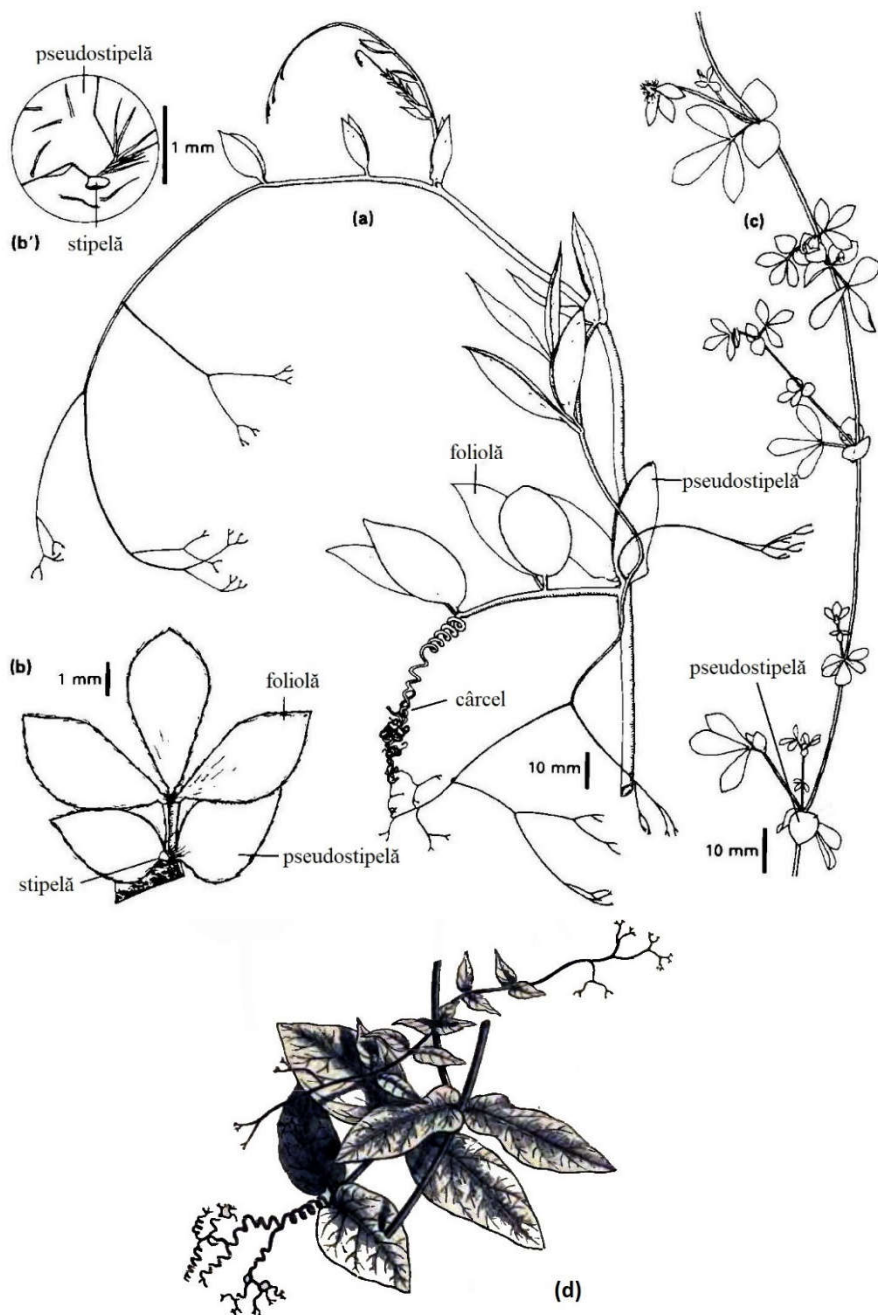


Fig. 209. Pseudostipele: a, d – *Cobaea scandens*, porțiune terminală a lăstarului cățărător; b, b', c – *Lotus corniculatus*: c) porțiune de lăstar; b) frunză; b') stipelă – detaliu (Engler, 1907; Bell, 1991)

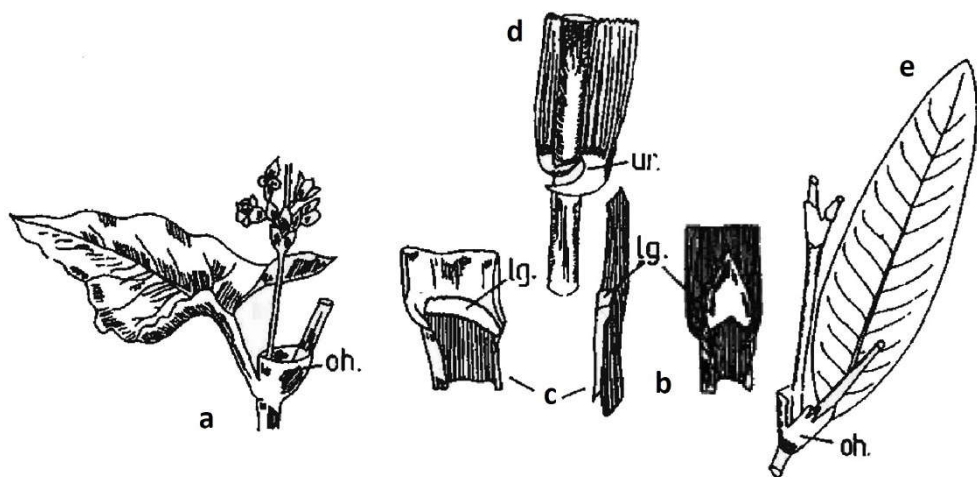


Fig. 210. Anexe foliare: ochree – *Polygonum lapathifolium* (e), *Polygonum cuspidatum* (a); ligulă (b-c): *Poa pratensis* (b); *Poa trivialis* (c); d: urechiușe: *Hordeum vulgare*; lg – ligulă; oh – ochree; ur – urechiușe (Toma *et al.*, 2003)

Metamorfozele frunzelor

Se pot deosebi mai multe categorii de metamorfoze, după funcțiile pe care le îndeplinesc.

1. Metamorfoze foliare pentru apărare. În acest caz, unele frunze se transformă total sau parțial în *spini* (Fig. 211; 216); total transformate în spini rigizi, cu 3-7 ramificații, se întâlnesc la dracilă. La salcâm, stipelele, care se găsesc la baza frunzelor compuse, sunt transformate în spini. La scai (*Cirsium lanceolatum*), ciulin (*Carduus nutans*), pălămidă (*Cirsium arvense*) ș.a., frunzele sunt transformate numai parțial în spini. Spinii sunt în continuarea nervurilor.

Stipele transformate în spini se găsesc și la numeroase specii de *Acacia* (Fig. 212-215) care se găsesc în Africa și Australia, acestea având în rol în apărare împotriva animalelor erbivore, în reducerea transpirației și, în general, în conferirea de rezistență la condițiile xerice (temperaturi ale aerului foarte ridicate).

2. Metamorfoze foliare pentru agățare. Prinderea tulpinii de diferite suporturi se poate face și prin frunze, care se pot transforma parțial sau în întregime în cârcei. La *Lathyrus aphaca*, frunza devine în întregime filiformă și se răsucește pe suport (Fig. 205-6). Frunzele de mazăre sunt transformate numai parțial și anume primele foliole din vârf (Fig. 211-4).

După cum s-a reținut de la tulpină, mai ales în cadrul discuțiilor despre liane, există o diversitate foarte mare de dispozitive morfologice ce servesc la agățarea plantelor de suport; natura acestora poate fi caulinară sau foliară, dar precizarea exactă a naturii cârceilor, în anumite situații, este dificilă.

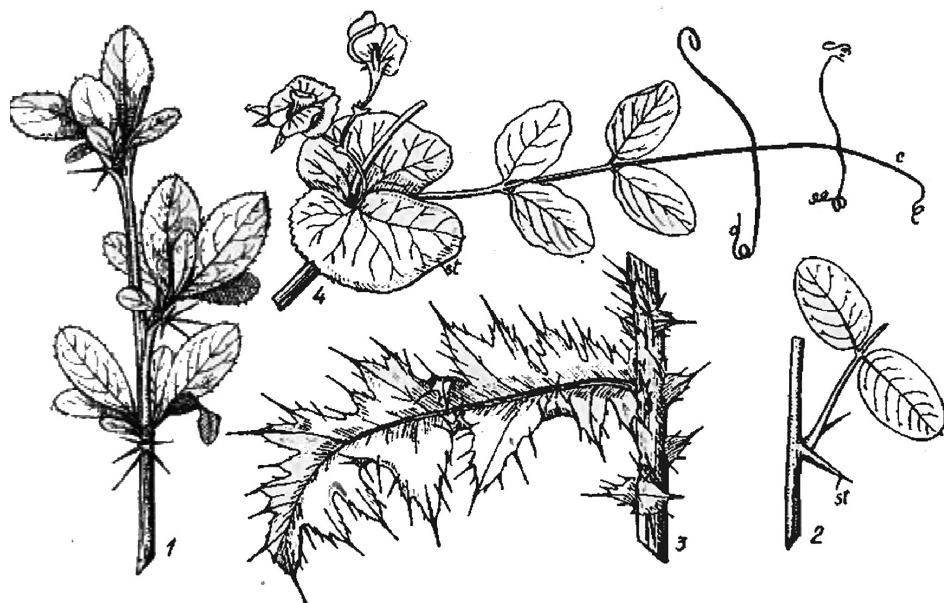


Fig. 211. Metamorfoze foliare: 1 – dracilă (*Berberis vulgaris*), lăstar cu frunze transformate în spini în axila cărora se formează în același an ramuri scurte cu frunze; 2 – stipele transformate în spini la salcâm (*Robinia pseudoacacia*); 3 – frunze cu marginea spinoasă la ciulin (*Carduus nutans*); 4 – frunză de mazăre; st – stipele, c – cârcei (Todor, 1958)

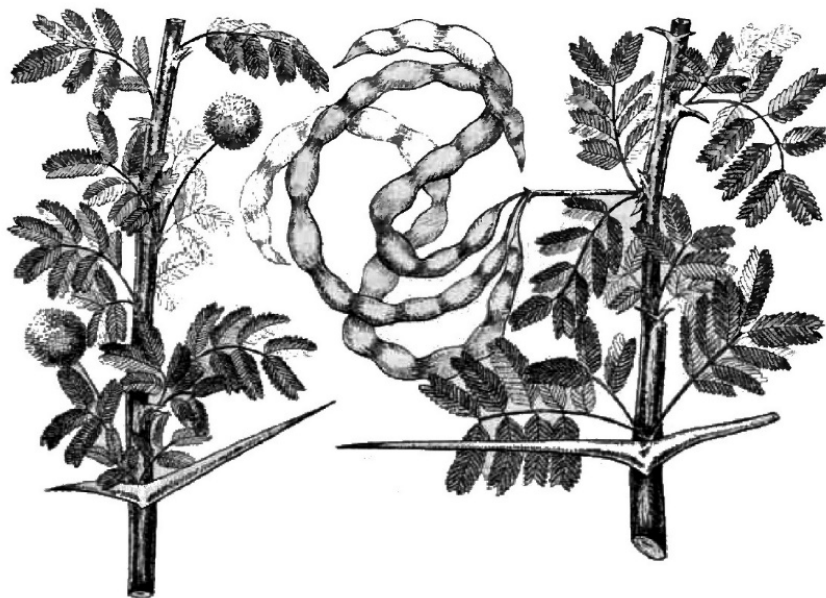


Fig. 212. Stipele la *Acacia tortilis*; dreapta – ramură fructiferă (Engler et al., 1908)

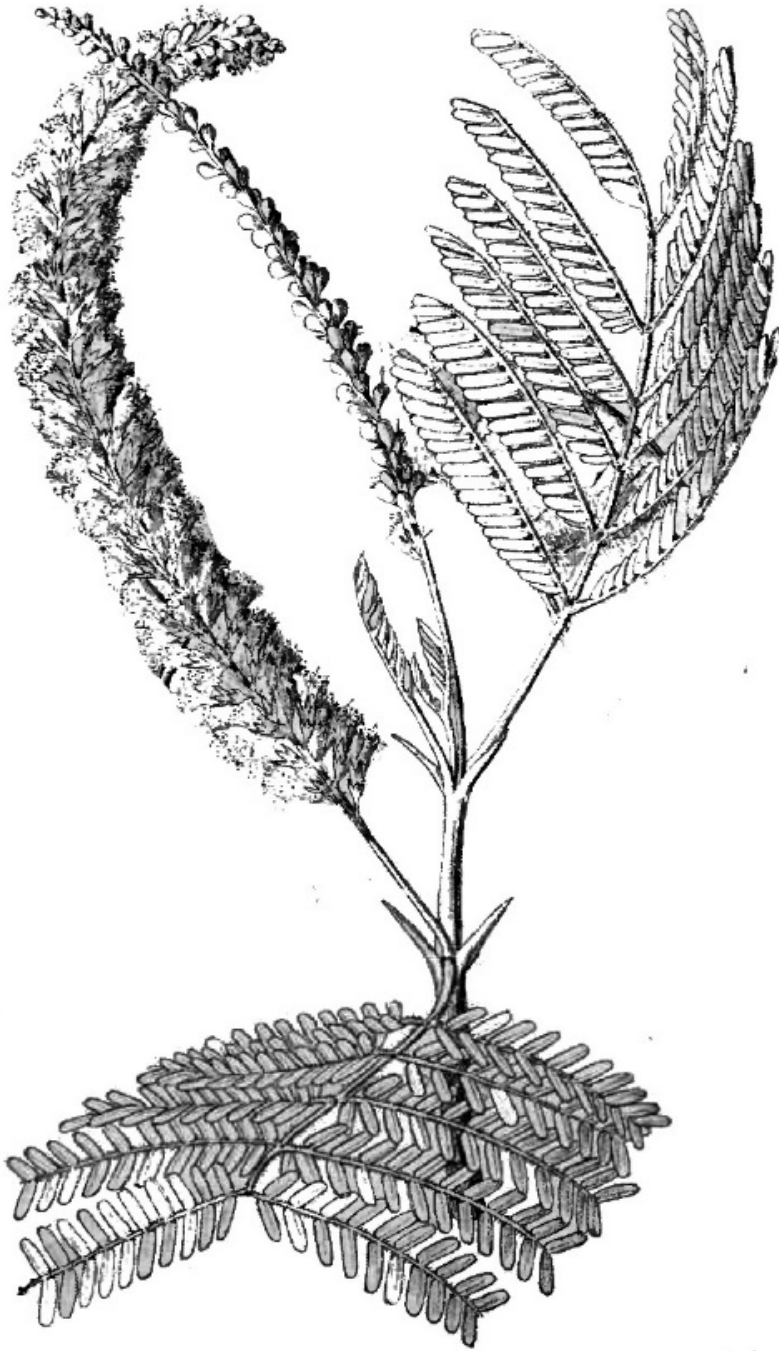


Fig. 213. Stipele la *Acacia albida* (Engler *et al.*, 1908)



Fig. 214. Stipele la *Acacia spirocarpa* (Engler et al., 1908)

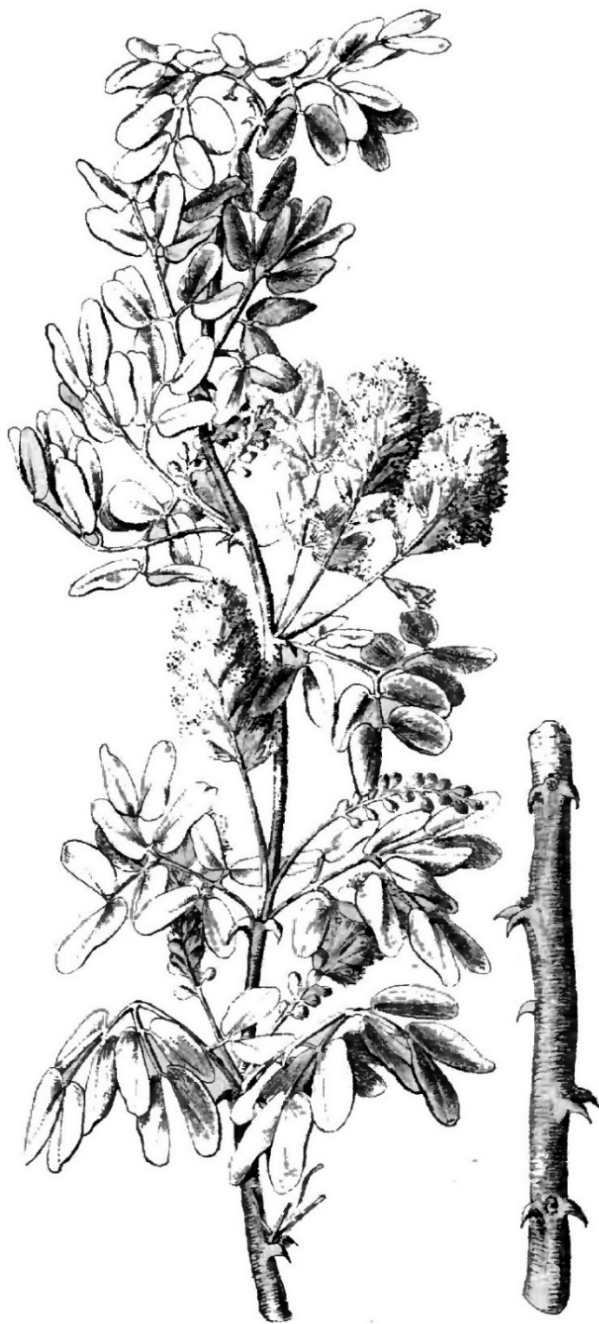


Fig. 215. Stipele la *Acacia mellifera*; dreapta – ramură cu stipele spiniforme (Engler *et al.*, 1908)

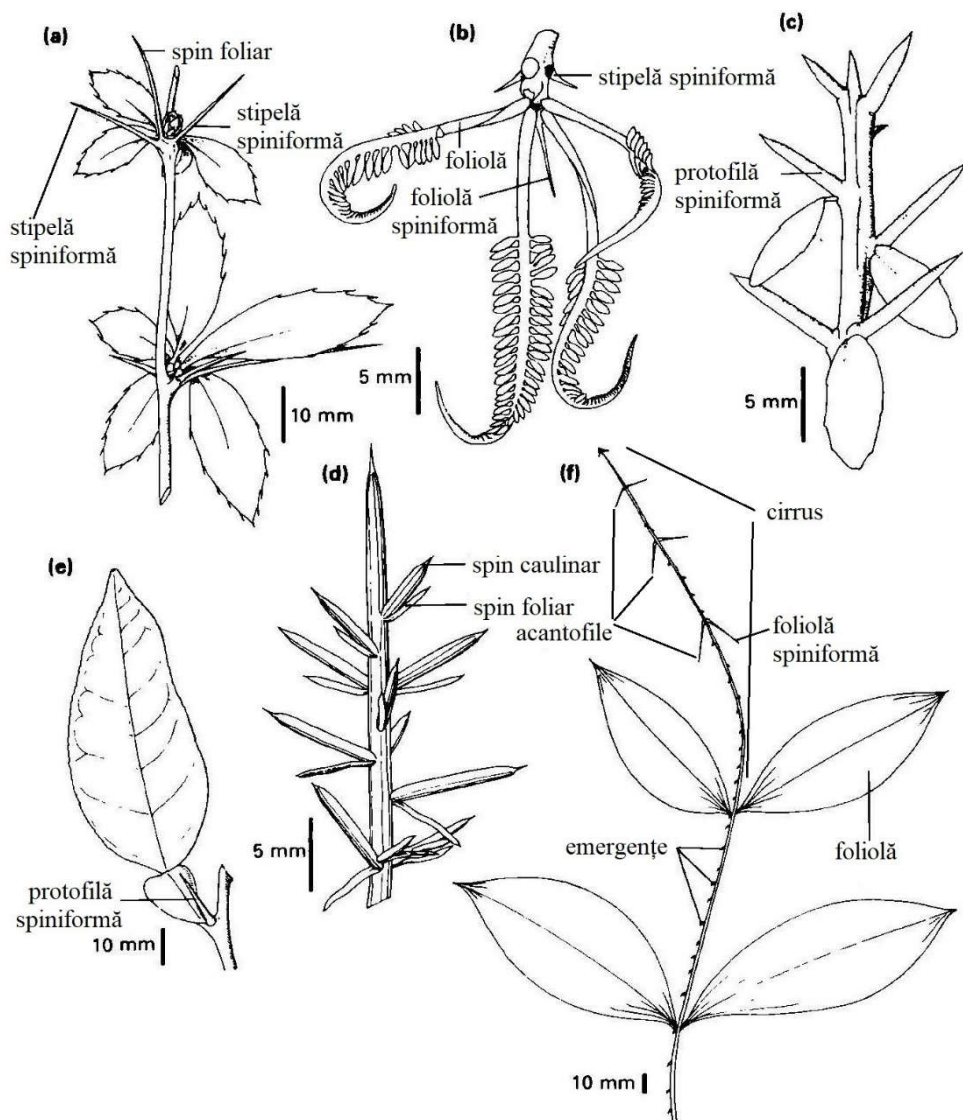


Fig. 216. Spini la nivelul frunzei: a – *Berberis julianae*, porțiune de lăstar; b – *Parkinsonia aculeata*, frunză tânără penată; c – *Microcitrus australasica*, vârful lăstarilor; d – *Ulex europaeus*, vârful lăstarului; e – *Citrus paradisi*; f – *Desmoncus* sp., capătul distal al frunzei – vezi și Fig. 172 (Bell, 1991)

S-a văzut cât de importante sunt aceste organe de cățărare (mai ales cârcei) la lianele din pădurile tropicale, unde competiția pentru accesul la lumină este foarte acerbă.

Tulpina se poate înfășura, poate dezvolta rădăcini adventive fixatoare sau poate forma cârcei (Fig. 217; 218) și cârlige care reprezintă lăstari modificați sau inflorescențe, sau poate avea frunze, care se pot dezvolta, total sau parțial, sub formă de cârcei sau cârlige.

Într-un singur gen (*Smilax*), stipelele frunzei operează în acest mod. Pețiolul frunzei poate fi un organ de înfășurare. Cârceii de origine foliară se găsesc într-o varietate de forme; dar extremitatea distală a unei frunze simple poate fi alungită, formând un cârcel care se înfășoară, sau întreaga frunză poate fi implicată (Fig. 218e). Alternativ, fie foliolele terminale, fie una sau mai multe foliole laterale ale unei frunze compuse pot să apără sub formă de cârcel (Fig. 218b,c,f). În cazul frunzelor compuse, proporția foliolelor transformate în cârcei față de foliolele obișnuite poate fi flexibilă la o anumită specie, sau frunzele pot fi foarte constante în acest sens. Cârceii arată o mișcare pronunțată și se vor înfășura în jurul unui suport odată ce contactul este stabilit, de obicei datorită creșterii mai rapide pe partea mai depărtată de suport. La unele specii, porțiunea înconjurătoare a frunzei va deveni ulterior mărită și lemnoasă și permanentă. Un cârcel poate funcționa într-o manieră dublă, acționând ca o ancoră înainte de a începe să înfășoare; frecvent, capetele extreme distale ale unor astfel de cârlige, care pot fi ramificate, formează cârlige recurbate foarte mici sau, ocazional, ventuze. Odată ce un cârcel a devenit ancorat în orice punct, porțiunea rămasă poate continua să se răsucească, rezultând o formă de arc. O astfel de răsucire poate fi în sensul acelor de ceasornic, pentru o porțiune a cârcelului, și în sens invers acelor de ceasornic, pentru restul cârcelului. Așa cum am afirmat deja, diferențierea naturii unui cârcel, caulinară sau foliară, nu este întotdeauna facilă; cârcelul cucurbitaceelor, care pare a fi de natură caulinară în axila unei frunze, poate reprezenta, de fapt, protofila mugurului din axila acelei frunze.

3. Filodii. La unele plante, întreaga frunză este reprezentată prin *pețiolul lățit, verde și asimilator*; această frunză transformată se numește filodie și se întâlnește la specii de *Acacia* (Fig. 219), existând la aceste plante forme de trecere spre frunze penat-sectate, care sunt frunze obișnuite.

Nu întâmplător, prezența filodiilor a fost atât de importantă la speciile de *Acacia*, încât, în sistemele de clasificare mai vechi, acest gen a fost inclus în secția *Phyllodineae* (subfamilia *Mosoideae*–*Acacieae*, familia *Fabaceae* (Taubert, 1894), iar un nume anterior, mai vechi al genului *Acacia* a fost *Phyllodoce* Link. Link (1831) descria genul – „Petioli foliorum superiorum foliiformes, lamina nulla”, adică: „pețiolurile frunzelor superioare asemănătoare frunzelor, limb foliar absent”.



Fig. 217. *Bignonia* sp. Una dintre cele trei foliole ale fiecărei frunze formează un cârcel lignificat persistent (Bell, 1991)

Pe Glob, există aproximativ 1350 de specii de *Acacia* (incluse după unele sisteme de clasificare în familia *Mimosaceae*), dintre care circa 1000 vegetează în Australia. Forma și mărimea filodiilor sunt extrem de diverse (Fig. 220-225) și reprezintă un criteriu de diagnoză foarte important în cadrul genului.

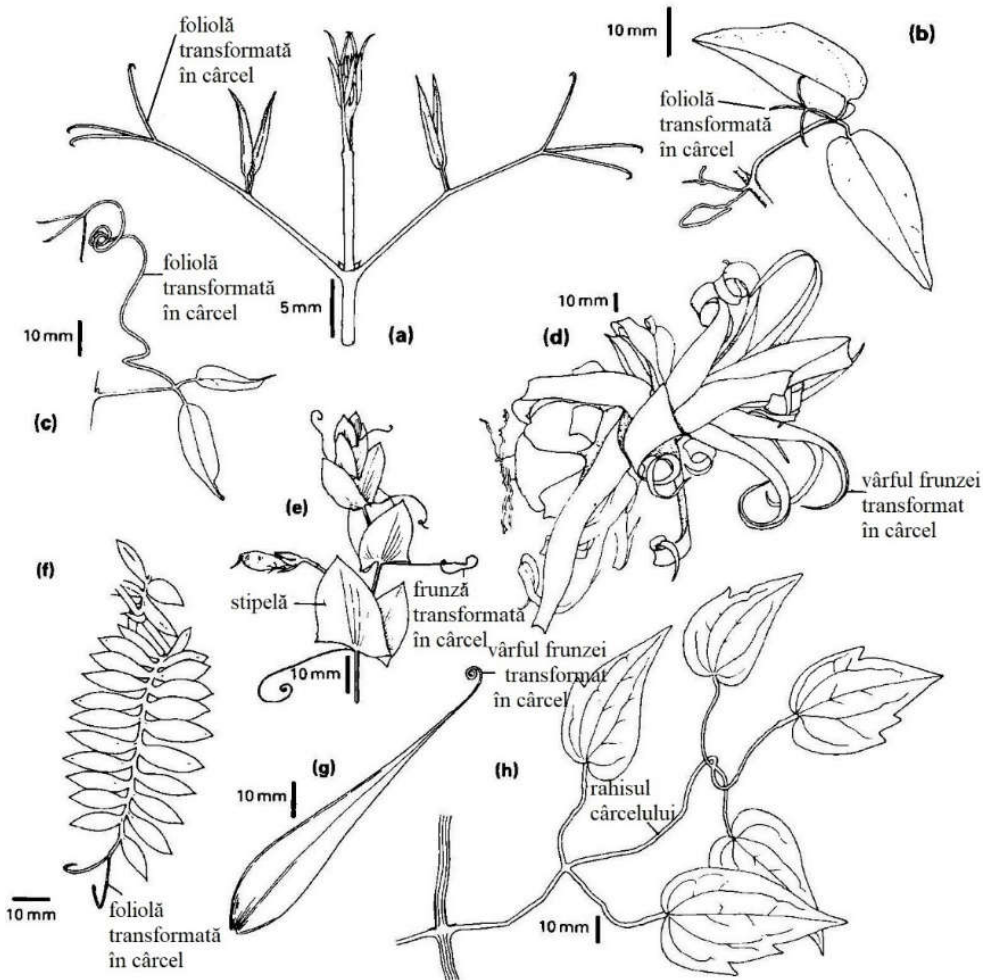


Fig. 218. Cârcei: a – *Bignonia* sp., vârful lăstarilor; b – *Bignonia ornata*; c – *Pyrostegia venusta*; d – *Tillandsia streptophylla*; e – *Lathyrus aphaca*, vârful lăstarului; f – *Mutisia acuminata*; g – *Littonia modesta*; h – *Clematis montana* (Bell, 1991)

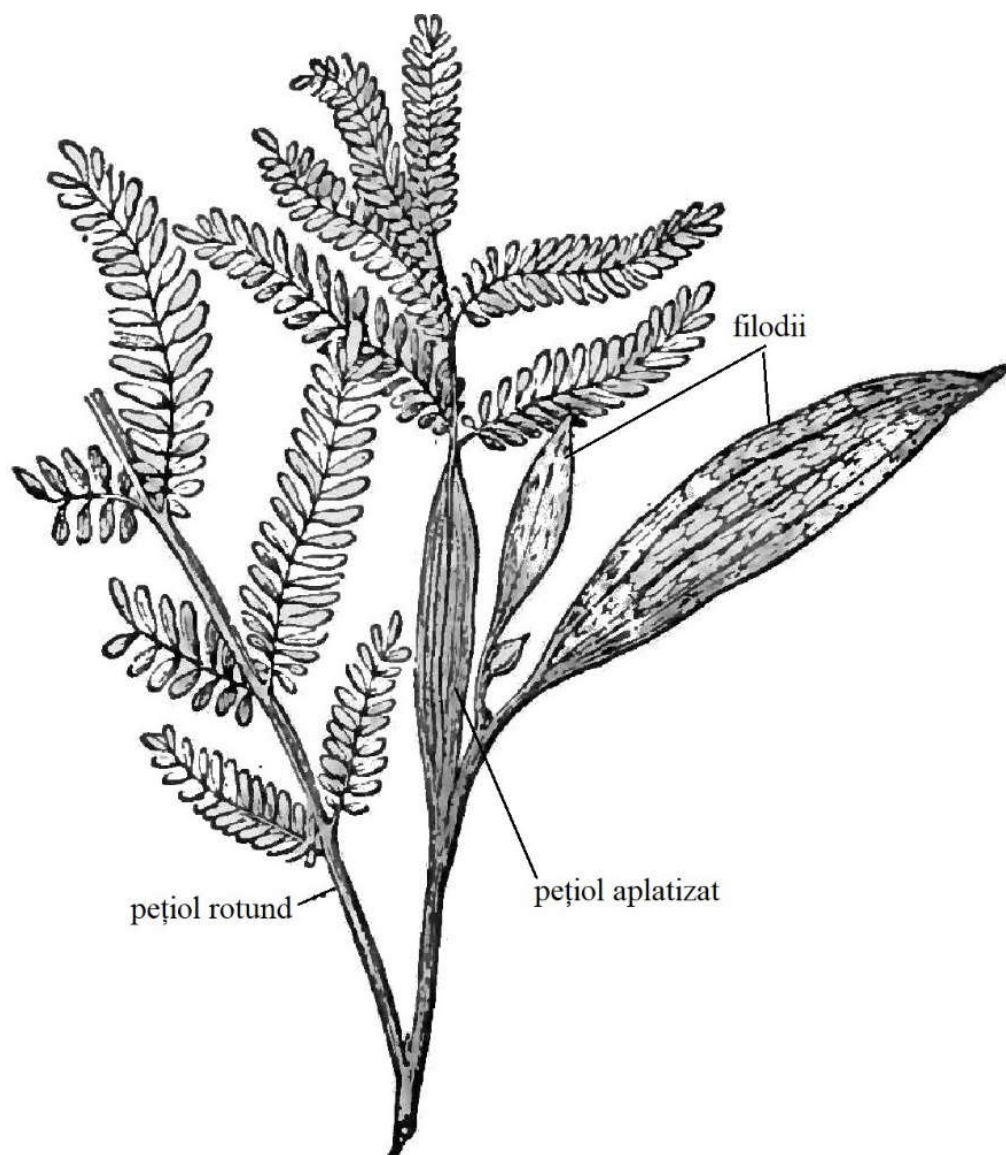


Fig. 219. Ramură de *Acacia* sp.; de la stânga: o frunză bipenat-compusă cu petiol rotunjit; la mijloc: o frunză asemănătoare, cu petiol aplatizat ca un limb; dreapta: filodii (petiol asemănător limbului foliar, fără limb veritabil) (Barnes, 1898)



Fig. 220. *Acacia acradenia* (Maslin, 2018)



Fig. 221. *Acacia acuminata* (Maslin, 2018)



Fig. 222. *Acacia adsurgens* (Maslin, 2018)

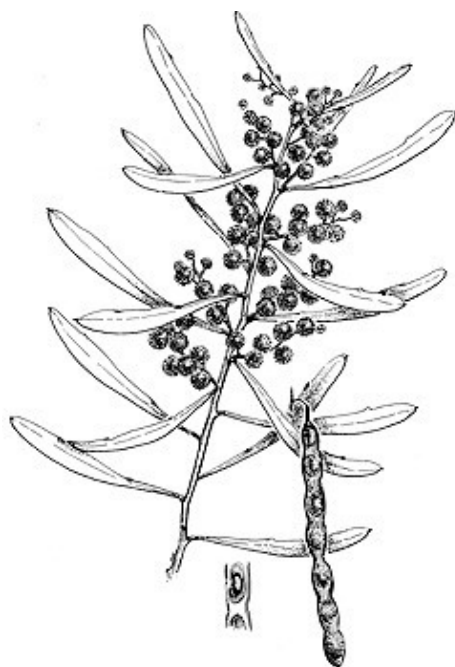


Fig. 223. *Acacia amoena* (Maslin, 2018)



Fig. 224. *Acacia aprepta* (Maslin, 2018)



Fig. 225. *Acacia galeata* (Maslin, 2018)

4. Frunza ca organ de absorbție, îndeplinind funcția rădăcinii, cum ar fi, de exemplu, la planta acvatică numită peștișoară (*Salvinia natans*), la care o frunză din cele 3 devine sectată, asemănătoare cu o rădăcină (vezi Fig. 51b; 52).

5. Frunze transformate în solzi sau scvame

Frunze transformate în solzi, tunici, cunoscute sub numele de catafile, se întâlnesc pe rizomi sau bulbi etc.

Unele plante adaptate la condiții aspre de mediu, cum sunt *habitatele sărăturoase*, pentru micșorarea suprafeței de transpirație, reduc frunzele la formațiuni solzoase. Astfel, la iarba sărată (*Salicornia herbacea* – Fig. 226; 227), la fiecare nod sunt două frunze opuse, reduse la două teci ce înconjură tulpina, ce par fără frunze. Reduceri asemănătoare se găsesc la plantele suculente din anumite regiuni tropicale (fam. *Cactaceae*), adaptate la un climat arid. La aceste plante, des întâlnite în apartamente, ca plante ornamentale, frunzele solzoase cad timpuriu. La subsuoara acestor frunze se dezvoltă muguri ale căror frunze se transformă în spini. În felul acesta, se reduce suprafața de transpirație.



Fig. 226. Fragment din tulpina de iarba sărată (*Salicornia herbacea*) (Todor, 1958)



Fig. 227. *Salicornia ramosissima* (original)

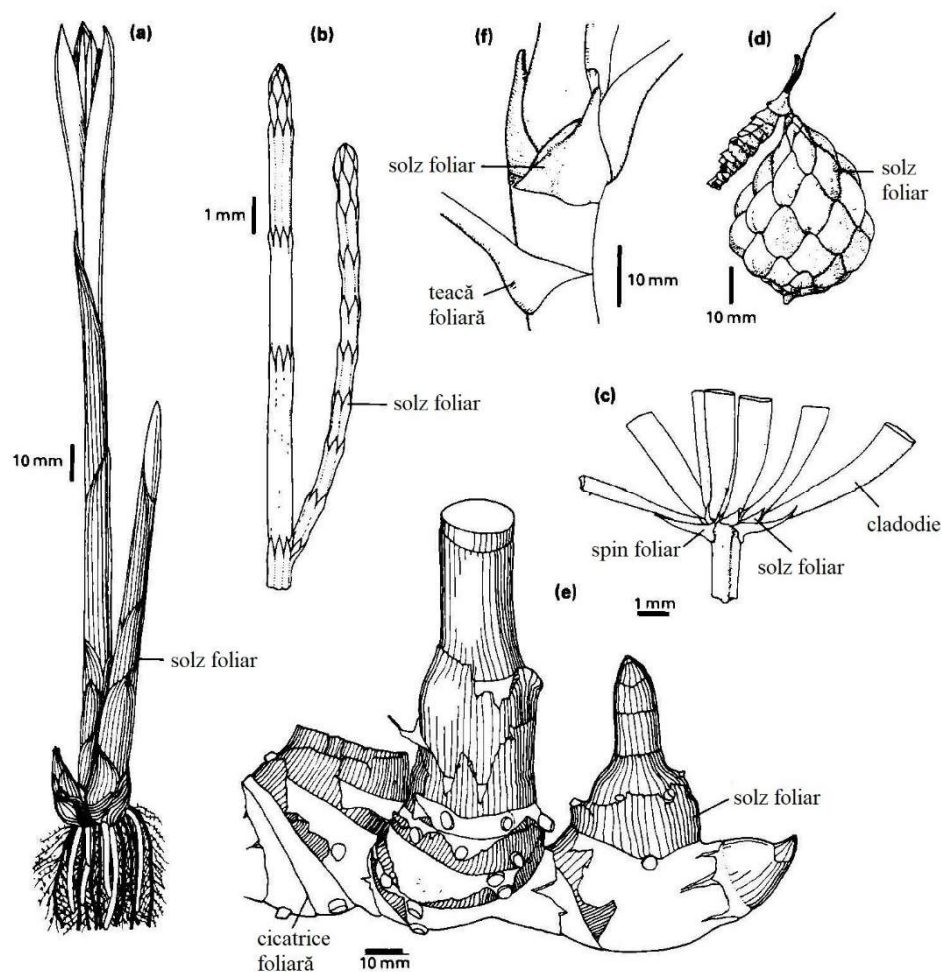


Fig. 228. Catafile și solzi foliari: a – *Cyperus alternifolius*, lăstari aerieni în dezvoltare; b – *Casuarina equisetifolia*, capătul distal al lăstarului; c – *Asparagus densiflorus*, un nod; d – *Raphia* sp., fruct; e – *Costus spiralis*, rizom; f – *Fatsia japonica*, solzi foliari sub vârful lăstarilor (Bell, 1991)

6. Frunze transformate la plantele carnivore (insectivore)

Plantele carnivore (Fig. 229-232), un grup biologic foarte interesant, sunt reprezentate în flora spontană a țării noastre prin câteva specii (Fig. 230-231). Astfel, în sfagnete (asociații de *Sphagnum*) se găsește roua cerului (*Drosera rotundifolia* – Fig. 230-231), iar în apele stătătoare, bălți și lacuri, specii de otrățel (*Utricularia* – Fig. 229-1,2). Aceste plante sunt adaptate la nutriție carnivoră (de fapt, nutriția este

mixotrofă), speciile trăind în general în locuri sărace în combinații de azot. Prinderea insectelor se face prin lichidul secretat de anumite glande *de pe frunză* (roua cerului), *diferite capcane* rezultate din transformarea frunzelor (otrățel, *Nepenthes* – Fig. 229-3) ș.a., sau datorită anumitor mișcări ale limbului foliar la *Dionaea*.

Frunzele de roua cerului (*Drosera rotundifolia* – Fig. 230, 231) sunt dispuse în rozetă, au fața superioară acoperită cu glande digestive lipicioase. Insectele mici se prind ușor de acești peri și apoi sunt digerate (Todor, 1958).

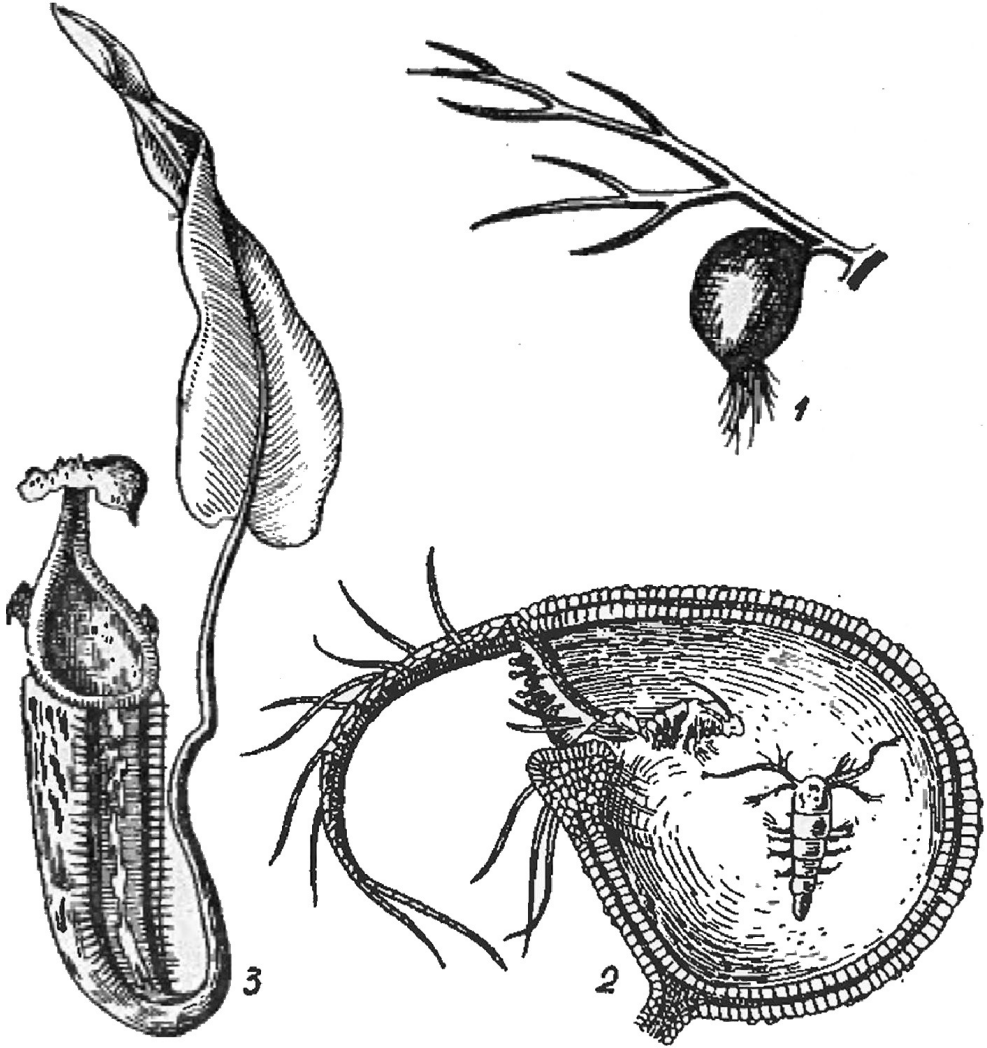


Fig. 229. Frunze metamorfozate la plantele carnivore: 1 – frunză cu urnă la otrățel (*Utricularia vulgaris*); 2 – secțiune printr-o urnă; 3 – frunză transformată în urnă la *Nepenthes* (Todor, 1958)



Fig. 230. Specii de *Drosera* din flora României: a-b: *Drosera intermedia*; c - *Drosera rotundifolia*; d - *Drosera obovata*; e - *Drosera anglica* (Flora R.P.R., 1955, vol. 3)



Fig. 231. *Drosera rotundifolia* (foto: Ana Cojocariu)

La otrățelul de apă (*Utricularia*), plantă submersă cu frunzele de mai multe ori sectate, în anumite locuri, se diferențiază mici urne de forma unor mici bășicuțe (Fig. 229-1). Aceste mici urne au deschiderea înspre interior, împiedicând ieșirea micilor animale de apă care au intrat.

Planta carnivoră din regiuni calde, *Nepenthes*, are frunzele și mai curios modificate. Pețiolul din partea bazală, lățită, asimilatoare, se continuă cu nervura principală cilindrică, lungă, care se transformă, spre vârful ei, într-o umă ușor umflată spre bază, și în partea superioară cu un căpăcel. Căpăcelul servește la împiedicarea pătrunderii apei în interior. Prin partea mijlocie, frunza se poate răsuci pe diferite suporturi. Marginea urnei secretă nectar.

Spre interior este netedă și insectele pot aluneca ușor în fundul urnei, unde se găsesc glande digestive (Todor, 1958; Morariu, 1965).

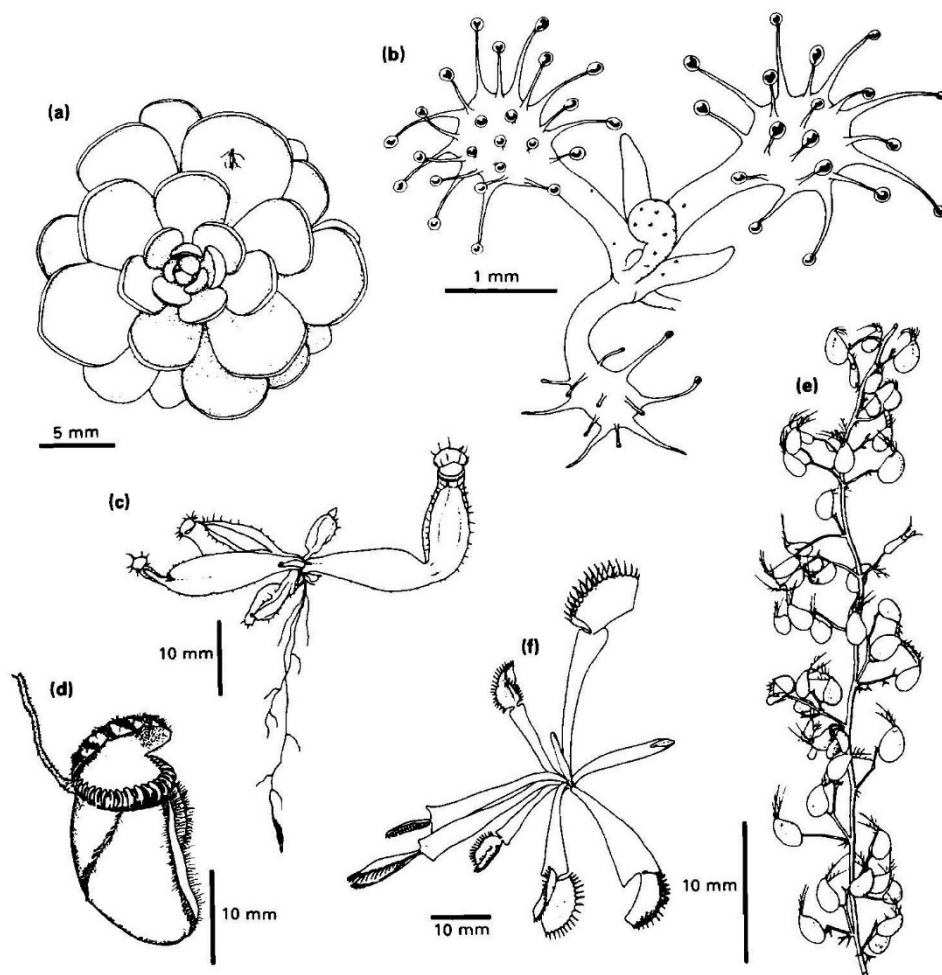


Fig. 232. Frunze metamorfozate la plante carnivore: a – *Pinguicula fanii* – frunze văzute de sus; b – *Drosera capensis*, plantulă; c – *Nepenthes khasiana*, plantulă; d – *Cephalotus follicularis*, o singură frunză; e – *Utricularia minor*, porțiune de lăstar; f – *Dionaea muscipula*, plantulă (Bell, 1991)

La speciile genului *Pinguicula*, reprezentat în România prin *P. alpina* (Fig. 233) și *P. vulgaris* (Fig. 234), frunzele sunt dispuse în rozetă, pe față cu 2 feluri de glande: glande stipitate compuse din 2 celule bazale și din alte 16 ce alcătuiesc sfera din vârf, secretoare de substanțe vâscoase pentru prins insecte; glande sesile, digestive, mici, formate din câte o singură celulă bazală și din 4-6 celule ce secretă enzime proteolitice. Numărul glandelor digestive se ridică la 25.000 pe cm².



Fig. 233. *Pinguicula alpina* (Flora R.P.R., 1961, vol. 8)

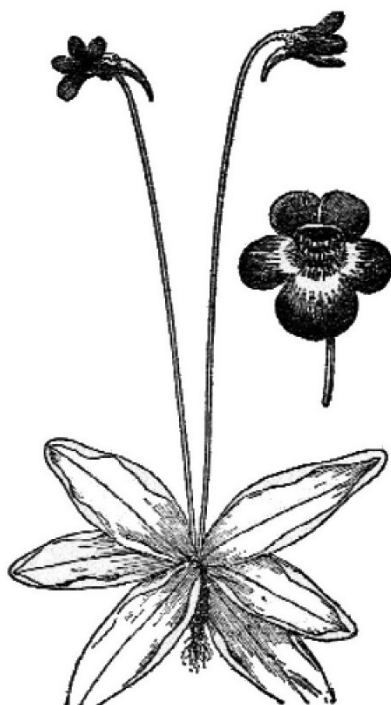


Fig. 234. *Pinguicula vulgaris* (Flora R.P.R., 1961, vol. 8)

Pinguicula vulgaris din România crește prin pajiști umede, tinoave, din etajul montan până în zona alpină, iar *P. alpina*, prin izvoare, tinoave, pajiști și stânci umede, din etajul alpin și subalpin.

Dispoziția frunzelor pe tulpină

Frunzele se pot dispune pe tulpină în mai multe moduri, rezultând următoarele tipuri de dispoziție:

- alternă (la fiecare nod se inseră o frunză), ca la majoritatea plantelor lemnoase: tei alb – *Tilia tomentosa*, fam. *Tiliaceae* (Fig. 235a); mestecăn – *Betula pendula*, fam. *Betulaceae* (Fig. 235b) și ierboase: usturoiță – *Alliaria officinalis* sau *Alliaria petiolata* – fam. *Brassicaceae* (Fig. 235c).

- opusă (la fiecare nod se inseră două frunze): lămâiță – *Philadelphus coronarius* – fam. *Hydrangeaceae* (Fig. 235d); la plantele din fam. *Lamiaceae* (*Labiatae*) frunzele sunt opuse și decusate (la un nod, două frunze pe două laturi ale tulpinii prismatice, iar la nodul următor două frunze pe celelalte două laturi).

- verticilată (la fiecare nod se inseră cel puțin trei frunze): gălbinele – *Lysimachia vulgaris*, fam. *Primulaceae* (Fig. 235e; 236) (Toma *et al.*, 2003).

La unele specii (iederă – *Hedera helix*), arțar (*Acer*), viță de vie (*Vitis vinifera*), castan porcesc (*Aesculus*), frunze de vârste și mărimi diferite se pot dispune în același plan, pentru a capta toate în mod eficient lumina; un astfel de aranjament al frunzelor se numește mozaic foliar (Fig. 237).

Variații în dispoziția frunzelor pe tulpină

Heterofilie. În general, pe același exemplar de plantă există deosebiri în ce privește forma frunzelor, începând de la bază până la vârful ei. Prezența pe aceeași plantă a frunzelor de forme și mărimi diferite se numește *heterofilie*. Un exemplu este o specie de piciorul cocoșului din pădurile de foioase (*Ranunculus cassubicus* – Fig. 238-1). La această plantă ierboasă, frunzele bazale, lung pețiolate, sunt întregi, rotunde, cu baza cordată, în timp ce frunzele tulpinale sunt îngust-ovate.

Iedera (*Hedera helix*) prezintă și ea dimorfism foliar; frunzele de pe ramura floriferă sunt întregi, ovate, iar cele de pe ramurile târătoare sau chiar urcătoare, sunt lobate (Fig. 238-2).

S-a reținut deja ideea că heterofilia este strâns legată de mediul acvatic, de plantele acvatice; cu toate acestea, după cum vom vedea, heterofilie se întâlnește și la alte specii de plante, care nu sunt acvatice.

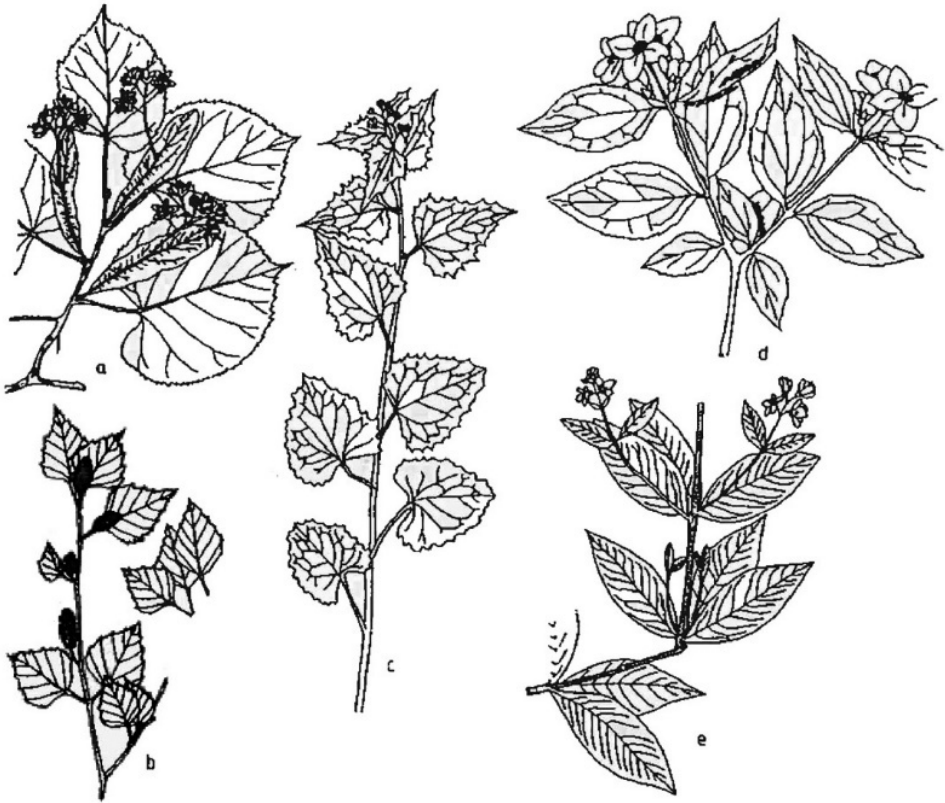


Fig. 235. Dispoziția frunzelor pe tulpină: alternă: a – *Tilia tomentosa*; b – *Betula pendula*; c – *Alliaria officinalis*; opusă: d – *Philadelphus coronarius*; verticilată: e – *Lysimachia vulgaris* (Toma et al., 2003)

Unele plante, adaptate la două feluri de medii de viață, acvatic și aerian, prezintă deosebiri foarte mari între frunzele care se găsesc scufundate în apă (*submerse*), cele *natante* și cele *aeriane*. Astfel, piciorul cocoșului de apă (*Ranunculus aquatilis* – Fig. 239-1) are frunzele din apă sectate, cu foliole liniare subțiri, în timp ce frunzele aeriane sunt întregi, sau abia sectate. Dacă și frunzele din apă ar fi întregi, atunci ele s-ar rupe ușor, datorită curenților de apă.



Fig. 236. *Lysimachia vulgaris* (original)

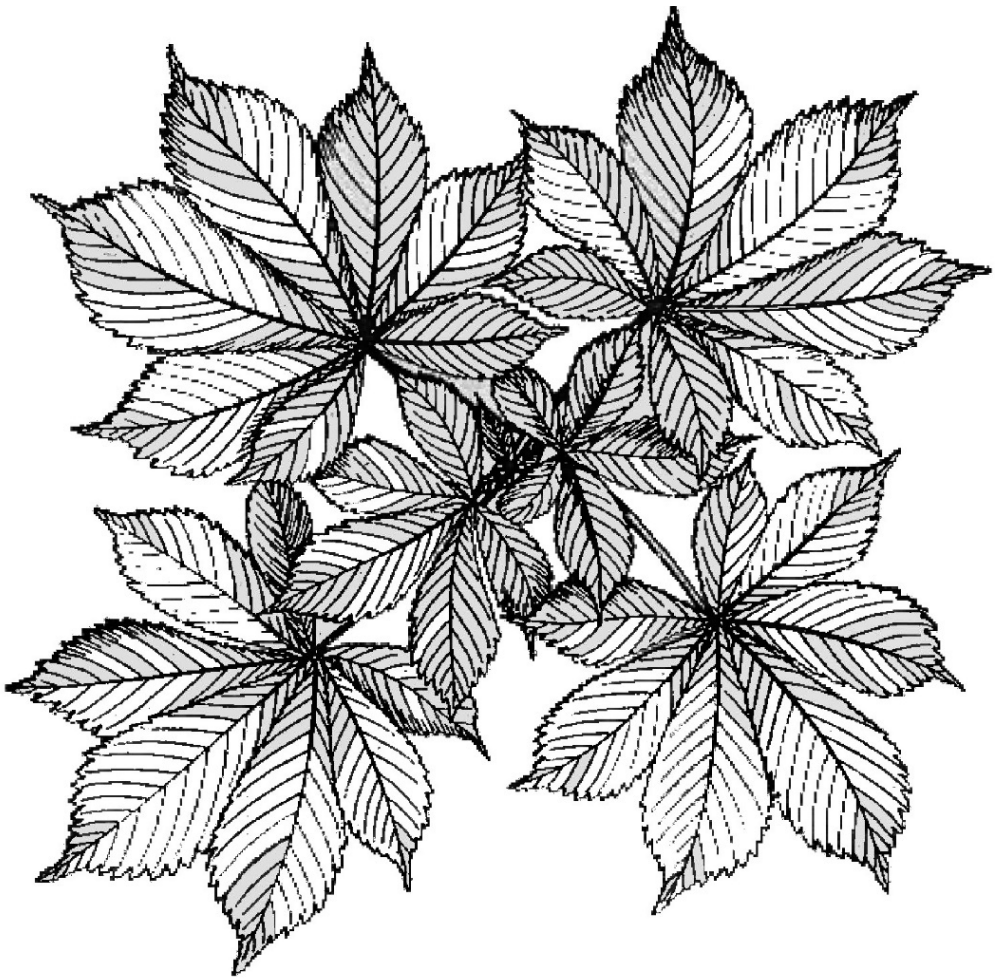


Fig. 237. Mozaic foliar la castanul porcesc (*Aesculus hippocastanum*) (Todor, 1958)



Fig. 238. Heterofilie: 1 – *Ranunculus cassubicus*; 2 – iederă (*Hedera helix*): a – ramură floriferă, b – ramură sterilă; 3 – *Lepidium perfoliatum* (Todor, 1958)

La săgeata apei (*Sagittaria sagittifolia* – Fig. 239-2), frecventă în bălți sau în ape lin curgătoare, există 3 categorii de frunze: frunzele *submerse* sunt liniare, cele care *plutesc* (*natante*) la suprafața apei sunt întregi și cordate, iar frunzele *aeriane* sunt de forma săgeților (= sagitate), înconjurând inflorescențele (Todor, 1958).

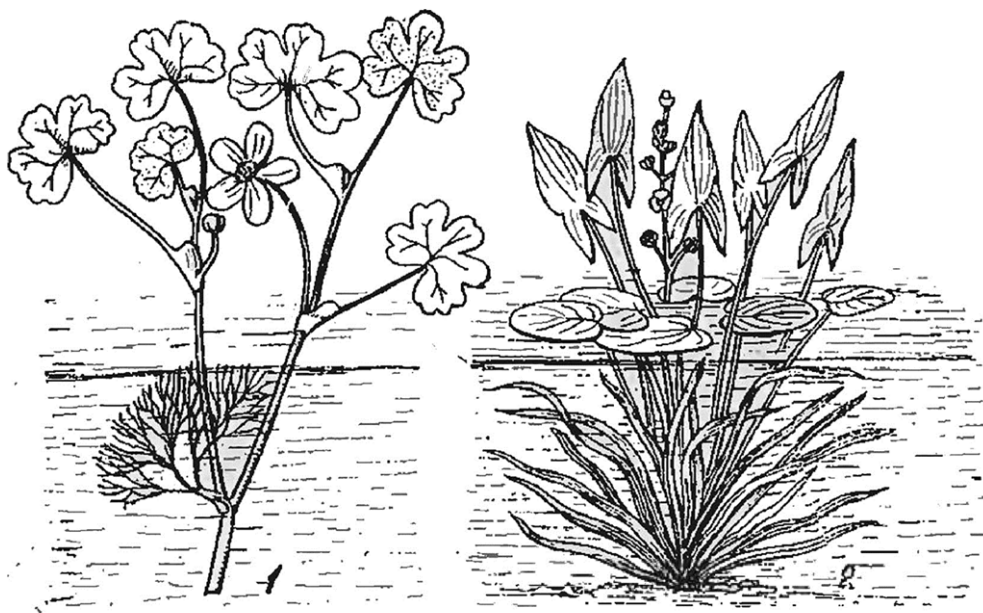


Fig. 239. Heterofilie: 1 – piciorul cocoșului de apă (*Ranunculus aquatilis* = *R. heterophyllus*); 2 – săgeata apei (*Sagittaria sagittifolia*) (Todor, 1958)

Unele specii din flora României prezintă heterofilie (Fig. 240-244), realitate morfolologică ce se regăsește și în numele speciei, *heterophyllum*, *heterophylla*, ceea ce înseamnă „cu frunze diferite” (*heteros*, gr., diferit; *phylla*, gr., frunză); chiar dacă unele denumiri au statut de sinonime pentru denumirile acceptate actualmente, acestea sunt totuși deosebit de utile, pentru că, așa cum se poate constata, oferă indicii prețioase despre morfologia unor organe, în acest caz, despre frunze. Exemple de astfel de specii: *Cirsium heterophyllum*, *Knautia heterophylla*, *Leucanthemum heterophyllum*, *Podospermum heterophyllum*, *Ranunculus heterophyllus*, *Serratula heterophylla*.



Fig. 240. *Cirsium heterophyllum*; a – aspect general; b – rădăcină, rizom și frunză bazală; c – frunză aripat-fidată (Flora R.P.R., 1964, vol. 9)

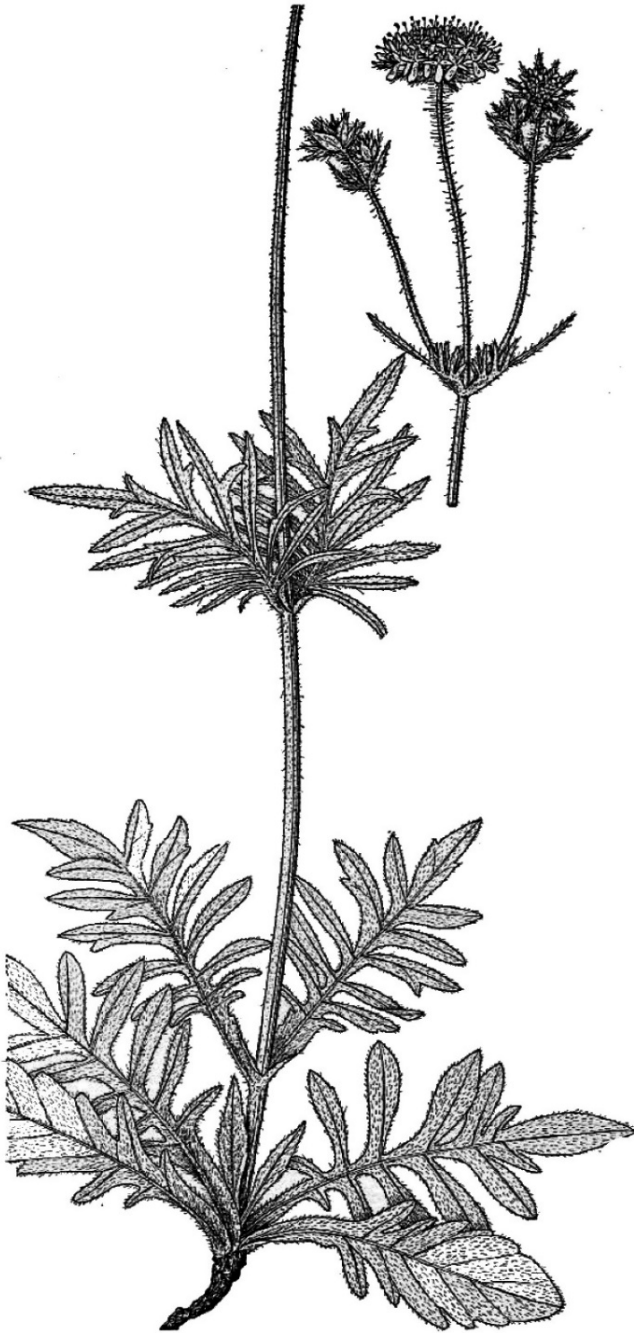


Fig. 241. *Knautia heterophylla* (Flora R.P.R., 1961, vol. 8)



Fig. 242. *Chrysanthemum leucanthemum* ssp. *maximum hortense* (a); b – frunză bazală;
c – porțiune tulpinală inferioară (Flora R.P.R., 1964, vol. 9)



Fig. 243. *Podospermum heterophyllum* (Flora R.P.R., 1965, vol. 10)

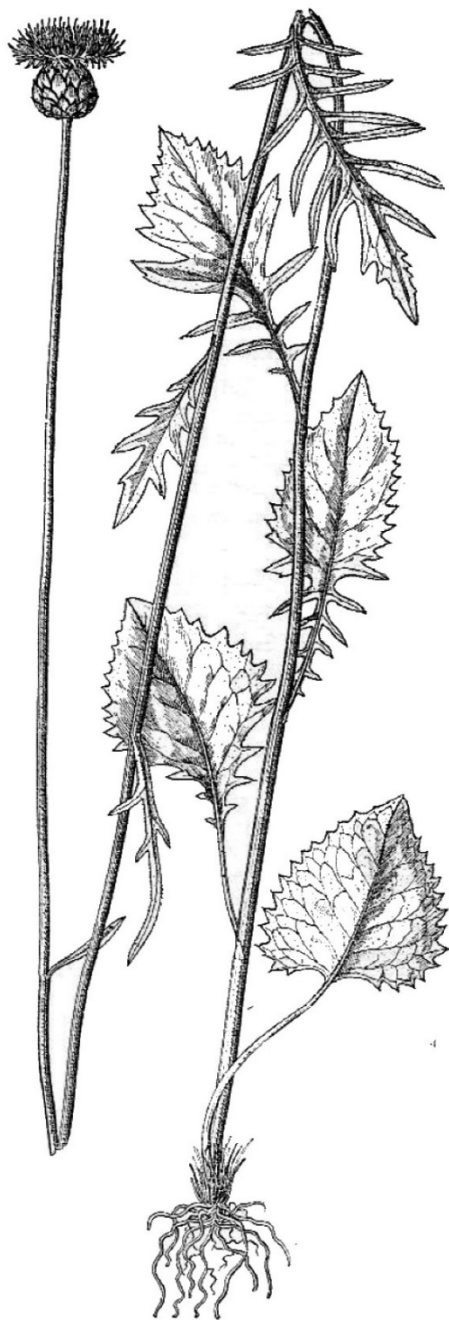


Fig. 244. *Serratula heterophylla* (Flora R.P.R., 1964, vol. 9)

FRUNZA – ASPECTE ECOLOGICE

Dintre toate organele vegetative ale plantei, se consideră, în mod justificat, că frunza este organul cu cea mai mare plasticitate morfologică și ecologică. Într-adevăr, am discutat anterior larga diversitate de formă, mărime, dispoziție și, mai ales, de metamorfoze foliare, cele din urmă subliniind, mai mult ca orice, influența factorilor de mediu asupra frunzei, adaptarea acesteia la diferite habitate, precum și situații ecologice particulare (de exemplu, plante carnivore, acvatic).

Funcția principală a frunzelor este fotosinteza. Multe frunze sunt însă modificate, cum s-a văzut deja, pentru a îndeplini alte funcții speciale, iar la unele plante, tulpinile sunt mai importante decât frunzele ca organe fotosintetizatoare (tulpinile sunt verzi și pot derula fotosinteza). În unele cazuri, în plus, frunzele sunt reduse la simpli solzi și nu pot îndeplinesc nicio funcție precisă.

De regulă, cel mai mare pericol la care sunt supuse frunzele este transpirația excesivă și, din acest motiv, structura frunzelor este într-un fel un compromis între ceea ce ar fi cel mai bine pentru frunză, ca organ fotosintetic, și ceea ce este necesar pentru a proteja planta împotriva unei pierderi prea rapide de apă.

Din acest motiv, și la această secțiune dedicată ecologiei frunzei, discuțiile vor fi centrate pe importanța factorului hidric (apa) în viața plantei (și modul în care acest aspect se reflectă în morfologia frunzei), alături de lumină, în principal.

Din punct de vedere ecologic, sunt câteva aspecte care privesc frunza în mod particular, privită morfologic, dar, adesea, mai ales anatomic:

1. Structura și dispoziția țesuturilor în cadrul frunzei. Țesuturile frunzei, care variază cel mai mult în funcție de variațiile mediului înconjurător, sunt cele care conțin clorofilă. Variațiile fasciculelor conducătoare și ale tecilor lor perivasculare (acestea sunt foarte importante la plante cu aparat fotosintetic de tip C_4) pot fi, de asemenea, relevante în ceea ce privește ecologia frunzei.
2. Cauzele dezvoltării țesutului palisadic. Cei doi factori despre care se crede că au cea mai mare influență asupra dezvoltării acestui țesut foarte specializat în fotosinteză sunt lumina și transpirația. Poziția frunzei pe tulpină, în raport cu gradul de iluminare, precum și cu alți factori ecologici (apa, salinitatea etc.) influențează foarte mult dezvoltarea țesutului palisadic.
3. Structura ca fundament pentru clasificarea frunzelor. Frunzele late, spre deosebire de frunzele aciculare și frunzele reduse sau sub formă de solzi, sunt adesea clasificate în grupe diferite pe baza diferențelor structurale.
4. Spațiile aerifere și stomatele. Schimbul de gaze între frunze și atmosferă are loc în legătură cu trei procese fiziologice: respirația, fotosinteza și transpirația. Poziția frunzei pe tulpină și în raport cu gradul de iluminare dictează, în mare parte, localizarea stomatelor la una din cele două fețe ale frunzei, precum și poziția acestora la nivelul epidermei foliare (stomate la nivelul epidermei, afundate în epidermă, sau deasupra acesteia).
5. Protecția împotriva transpirației excesive. Frunza este un organ-cheie în viața plantelor, derulând funcții esențiale (fotosinteza, transpirația, respirația),

dar care se află într-o negociere permanentă, adesea foarte dificilă, cu factorii de mediu, riscul cel mai mare fiind de pierdere excesivă a apei din corpul plantei. Există mecanisme multiple și complicate de protecție împotriva transpirației excesive a apei, atât morfologice, cât și structurale; la nivelul organului (frunzei), unul dintre cele mai eficiente mijloace de protecție împotriva pierderii excesive de apă este reducerea suprafeței de transpirație. Cel mai eficient dintre toate, este, poate, reducerea periodică – determinată de căderea frunzelor. Multe plante au însă o suprafață de transpirație redusă permanent, iar situația „extremă” este reprezentată de plantele fără frunze, la care funcția fotosintetică este îndeplinită de tulpini. Printre plantele cu frunze există toate variațiile, de la plantele de apă cu frunze care au doar una sau două celule groase, până la plantele care au frunze care sunt expuse liber și care sunt rotunde în secțiune transversală și astfel au o suprafață minimă – proporțional cu volumul.

6. Căderea (abscizia) frunzelor. Un arbore foios (deci cu frunze căzătoare) își leapădă toate frunzele la începutul unui sezon rece sau uscat. La polul opus, sunt arborii veșnic verzi care își leapădă frunzele numai după ce a fost produsă o nouă generație de plante și, astfel, au, practic, întotdeauna frunze verzi. În orice caz, căderea unei frunze este produsă direct prin formarea unui strat special de separare, numit strat abscizic (de abscizie), la baza pețiolului. Stratul acesta este format din două sau mai multe straturi de celule cu pereți foarte subțiri ce apar în timpul dezvoltării frunzei.
7. Formele frunzelor. Forma frunzelor este, în mare măsură, o problemă ereditară; la unele plante, forma frunzelor este atât de stabilă, încât aceasta contribuie direct la identificarea speciilor. La alte specii, pot exista variații considerabile în ceea ce privește forma unei singure plante (individ). Primele frunze, sau cotiledoanele, sunt întotdeauna foarte diferite de cele de mai târziu. Există și unele variații ale formei frunzelor care sunt mai mult sau mai puțin caracteristice anumitor tipuri de habitate. Plantele care cresc acolo unde există o aprovizionare adecvată cu apă au frunze relativ subțiri și late, în timp ce plantele care cresc acolo unde există dificultăți pentru a obține apă suficientă au frunze mai mici și mai groase. În plus, s-a demonstrat experimental, în cazul multor specii, că același individ poate dezvolta frunze mai mari și mai subțiri atunci când este cultivat într-un mediu umed decât atunci când este crescut într-un mediu uscat. Influența apei asupra formei frunzelor este evidențiată și mai clar în cazul multor plante acvatice. La unele dintre acestea, precum *Proserpinaca palustris*, *Ranunculus aquatilis*, *Radicula aquatica*, frunzele aeriene, care sunt supuse transpirației, sunt aproape sau destul de întregi, în timp ce frunzele care se află în apă sunt foarte lobate sau fin divizate (fenomenul de heterofilie). Feriga de apă (*Salvinia natans*), cum am văzut, are frunze largi natante (plutitoare) care

derulează fotosinteza, și frunze foarte mult divizate care atârnă în apă, ca rădăcinile, și servesc ca organe de absorbție.

8. Frunzele ca organe de depozitare. Depozitarea rezervelor nutritive în frunze este de obicei doar temporară. Depozitarea permanentă în aceste organe ar interfera serios cu funcția lor fotosintetică. „Hrana” se acumulează de obicei în frunze în timp ce este fabricată în timpul zilei, deoarece este sintetizată mai rapid decât poate fi transportată în alte părți ale plantei. Transportul continuă totuși în timpul nopții, astfel încât, până dimineața, frunza este de obicei lipsită de hrană depozitată. Cu toate acestea, există unele plante ale căror frunze sunt principalele organe pentru depozitarea permanentă a hranei, cum ar fi specii de *Agave*. Această plantă crește vegetativ timp de șase până la cincisprezece sau douăzeci de ani, depozitând hrană și apă în frunzele sale mari și suculente; apoi, formează un lăstar florifer care crește foarte rapid și pe care se dezvoltă și se maturizează un număr mare de flori și fructe. Până când această etapă este realizată, rezervele nutritive sunt consumate din frunză, și planta moare. Cu toate acestea, acumularea de apă în frunze este adesea foarte importantă, situație valabilă mai ales pentru plantele cu frunze cărnoase sau suculente. Astfel de plante aparțin xerofitelor, în sens larg, caracteristice unor regiuni xerice, în special deșerturilor și sărăturilor, unde, din cauza concentrației mari a soluției solului, absorbția apei este dificilă (așa numitul fenomen de secetă fiziologică) (Grigore, 2008; Grigore și Toma, 2010; 2017; Grigore *et al.*, 2014; Grigore și Toma, 2011). Păstrarea apei de către frunzele suculente, care în unele cazuri este foarte eficientă, se realizează, în principiu, prin una sau alta din metodele generale următoare: prima dintre acestea este prin cutinizare intensă, prezența straturilor de ceară sau alte modificări ale epidermei. Cealaltă metodă constă în menținerea unei concentrații foarte mari a sucului celular, care reduce eficient rata de evaporare. Unele frunze suculente, atunci când sunt îndepărtate din plantă și expuse liber la aer, nu devin complet uscate timp de câteva săptămâni.

I. Caractere (trăsături) funcționale ale frunzei

Forma și mărimea frunzei, morfologia și anatomia frunzei, tipurile de echilibru hidric ale acesteia, durata de viață a frunzei (definită aici ca număr de luni cât frunzișul plantei este verde) – ca trăsături individuale legate de organele de asimilație fotosintetică –, alături de bioforme (forme de viață), caracteristici ale formelor de creștere (*growth form*) și alte caracteristici (sistemul radicular, prezența spinilor, fixarea carbonului), toate reprezintă fundamente pentru definirea așa numitelor *tipuri fiziognomice funcționale de plante* (Pfadenhauer și Klötzli, 2020); acesta este un concept modern și deosebit de util în caracterizarea diferitelor tipuri de vegetație a Globului; în cadrul acestor tipuri, cum vom vedea, caracterele frunzei joacă un rol important (*fiziognomic* se referă la fizionomie, la înfățișare).

Conceptul de *tipuri fiziognomice funcționale de plante* are la bază un concept mai vechi, și anume cel de *tipuri funcționale de plante*, care, la rândul lui, a plecat de la clasicul concept de formă de creștere (și formă de viață). Un tip funcțional de plantă include taxoni cu pattern-uri similare de răspuns la condițiile fizice, chimice și biotice de mediu și se caracterizează prin caracteristici care sunt aceleași la taxonii implicați. Deoarece plantele folosesc resursele în modul cel mai economic, adică absorb și încorporează doar atât cât este necesar pentru o reproducere de succes, *tipurile funcționale* răspund în mod foarte sensibil la schimbările de locație și sunt mai potrivite pentru modelele de vegetație dinamică decât taxonii care aparțin strict sistematiei plantelor.

În cadrul sintagmei *tipuri fiziognomice funcționale de plante*, adăugarea adjectivului „fizionomic” a fost necesară pentru a sublinia faptul că aspectul fizic al tipurilor (fiziognomice) funcționale de plante, care este recunoscut în teren, este deosebit de important pentru desemnarea formațiunilor specifice de plante, așa cum vom vedea.

Revenind la *caracterele (trăsăturile) funcționale ale frunzei*, trebuie spus că, spre deosebire de taxonomie, unde structura și funcția organelor de reproducere joacă un rol cheie, interpretarea ecologică a tipurilor fiziognomice funcționale de plante se concentrează pe organele de asimilație fotosintetică. O trăsătură deosebit de importantă pentru clasificarea vegetației globale este durata de viață a frunzelor; aceasta poate varia de la câteva luni până la peste 20 de ani (la unele gimnosperme).

În consecință, se face o distincție între arbori de foioase (subdivizați în cei cu frunze verzi pe timpul verii, în climatele cu ierni reci, friguroase, și în cei cu frunze verzi pe durata anotimpului ploios, în climate cu veri uscate, secetoase) și arbori veșnic verzi. Aceștia din urmă sunt împărțiți în arbori cu frunze late și arbori cu frunze aciculare sau în formă de solzi.

Indiferent dacă arborii veșnic verzi și cei de foioase apar în diferite zone climatice și dacă aceștia pot coexista, aceasta depinde de durata (higrică sau termică) a sezonului de creștere și de raportul beneficiu-cost (Harrison *et al.*, 2010): producerea de frunze veșnic verzi este mai laborioasă (costisitoare) decât producerea de frunze căzătoare (foioase), dar durează mai mult, în timp ce frunzele de foioase trebuie să fie produse din nou în fiecare an.

Având în vedere principiul „cel mai mic consum posibil de resurse, împreună cu cel mai mare beneficiu posibil”, raportul beneficiu-cost și durata sezonului de vegetație pot fi folosite pentru a arăta, sub forma unui model, în ce condiții două tipuri funcționale coexistă sau se exclud reciproc (Fig. 245). Rezultă de aici că, cu cât sezonul de creștere este mai lung, cu atât beneficiul pentru plante veșnic verzi este mai mare în comparație cu plantele foioase (secțiunea D din Fig. 245). Ambele forme pot exista în intervalul de tranziție (secțiunea C din Fig. 245), în funcție de durata de viață a frunzelor, respectiv dacă plantele cu frunze veșnic verzi sunt de scurtă durată ($\tau = 1$ an) sau de lungă durată ($\tau = 4$ ani); acolo unde sezonul de vegetație este prea scurt (secțiunea A din Fig. 245), vegetațiile veșnic

verzi domină, deoarece nu există suficient timp pentru ca frunzele de foioase să fie produse (cum este cazul în zona boreală temperată rece și în climatele aride cu xerofite veșnic verzi). Dincolo de aceasta, arborii de foioase și cei veșnic verzi coexistă și în zonele semiaride dacă sunt capabili să acceseze diferite adâncimi de sol (plante cu frunze veșnic verzi și rădăcini adânci *versus* arbori cu frunze verzi pe durata sezonului ploios, cu rădăcini superficiale).

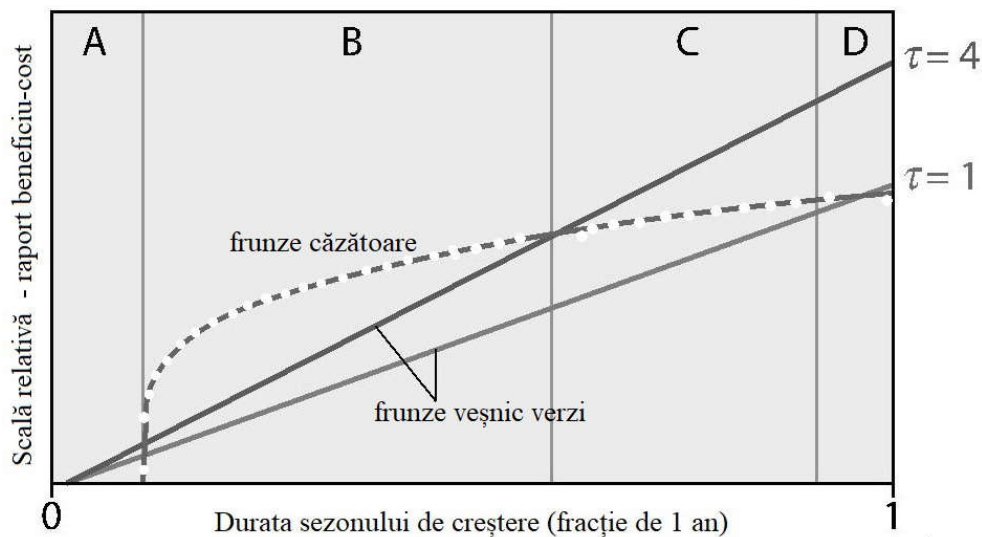


Fig. 245. Raportul beneficiu-cost al frunzelor pe durata unui sezon de creștere (Harrison *et al.*, 2010)

Printre arborii veșnic verzi cu frunze late, cei care au frunze dure, în mare parte nedivizate, relativ mici (micro- până la notofile), bogate în sclerenchim, sunt deosebit de interesați. Aceștia sunt denumiți sclerofili și se deosebesc de arborii cu frunze moi (cărora le aparțin în principal arborii de foioase), al căror frunziș este malacofil (Turner, 1994). Sclerofilia este măsurată în funcție de o serie de caracteristici care apar individual sau ca o combinație între ele. Astfel de caracteristici includ fibrele de sclerenchim din teaca perivasculară sau marginea frunzei, o cuticulă groasă, o epidermă exterioară îngroșată și pereții celulari lignificați (Napp-Zinn, 1984). Adesea, dar nu întotdeauna, apar și stomatele afundate în epidermă și un mecanism eficient de închidere a acestora.

Distincția între o plantă sclerofilă și una malacofilă este operațională doar pentru a descrie punctele extreme ale unui gradient; în realitate, se găsesc toate formele de tranziție, pe continuum-ul dintre ele. De exemplu, speciile sclerofile din familia *Proteaceae* de la subtropice cu ploi pe timpul iernii (zona de *fyngbos* din Africa de Sud) și tufărișurile sclerofile din sud-vestul Australiei corespund cel mai îndeaproape caracterului sclerofil (tipul „*Protea*”): producția de sclerenchim este cea

mai pronunțată în acest caz, iar frunzele dure și rigide se rup ușor dacă sunt îndoite (Read și Sanson, 2003).

Frunzele plantelor lemnoase sclerofile mediteraneene precum *Olea europaea*, *Nerium oleander* și *Quercus ilex*, de exemplu, sunt mai puțin sclerenchimatizate („tipul *Olea*”) și constituie o tranziție către așa-numitele frunze laurofile care au un caracter mai coriaceu (îngroșat, cu aspect pielos); aici sunt incluși, de exemplu, mulți arbori din zonele subtropicale cu ploaie pe tot parcursul anului. În pădurile tropicale de la tropicele umede (cu ploaie pe tot parcursul anului), se găsește adesea un tip de frunze care cuprinde frunze mari (notofile până la macrofile), cu o durată scurtă de viață (unul până la doi ani), și care corespunde, destul de mult, caracterului malacofil; adesea, acestea sunt prevăzute cu un vârful acuminat. Frunzele malacofile sunt adesea foarte ramificate (penate, ca la *Fraxinus*, palmate ca la *Acer*), dar frunzele multor plante ierboase și graminee aparțin și ele acestui grup.

Toate aceste etichetări sunt utile dacă pot fi urmărite până la nivel de procese ecofiziologice. Când se compară frunzele sclerofile și malacofile între ele, acest lucru se poate face cel mai ușor prin intermediul celor două trăsături funcționale, respectiv durata de viață a frunzei și masa frunzei (pe unitatea de suprafață – g x m^2). Ambele demonstrează, la scară globală, o legătură strânsă cu atributele climei relevante din punct de vedere fitoecologic (Wright *et al.*, 2004): speciile care au o masă foliară mai mare (sclerofile) sunt mai frecvente în regiunile mai uscate decât în cele mai umede, iar o creștere a masei frunzelor este însoțită de o creștere simultană a duratei de viață a frunzelor.

În acest fel, frunzele de tip sclerofil pot prelua apă și din soluri uscate cu un potențial hidric scăzut; costul ridicat de construcție a frunzelor, în comparație cu cel al frunzelor malacofile cu durată scurtă, este „amortizat” pe durata de viață de câțiva ani a frunzelor. Cu toate acestea, frunzele „plătesc” pentru acest avantaj având o performanță fotosintetică mai scăzută în comparație cu potențialii concurenți, ceea ce înseamnă că trebuie să cedeze presiunii competitive a arborilor laurofili în condiții de climă mai umedă sau pe soluri afectate de apele subterane. Astfel de „compromisuri” sunt, în general, caracteristice tipurilor funcționale de plante și unul dintre factorii care contribuie la fitodiversitate.

Costul de construcție a frunzelor – la diferitele tipuri de frunze – măsurat drept cantitatea de glucoză, în grame, necesară pentru a produce un gram de masă de frunze, variază considerabil (Villar și Merino, 2001): arborii cu frunze verzi, late, pe perioada verii, și cei cu frunze verzi, late, pe durata sezonului ploios, cheltuiesc cel mai puțin, și anume aproximativ $50\text{--}80 \text{ g x m}^{-2}$ glucoză (cu excepția speciei *Nothofagus antarctica*); cea mai mare cantitate, și anume $250\text{--}450 \text{ g x m}^{-2}$, este necesară atât pentru plantele lemnoase sclerofile, cât și pentru cele malacofile din zonele sclerofile (cele din urmă au o cheltuială atât de mare, deoarece frunzele sunt produse atât iarna, cât și vara, de exemplu, de două ori. Între aceste două extreme, există vegetație laurofilă, cu o valoare de $180\text{--}200 \text{ g x m}^{-2}$, care este mai mult sau

mai puțin egală cu cea a speciei microfilă veșnic verde *Nothofagus betuloides* și a arbuștilor repenți de talie mică, *Dryas* și *Cassiope* din tundra arctică; speciile pioniere, printre arborii verzi de vară, *Betula* sau *Populus*, necesită aproximativ 120 g x m^{-2} .

Suprafața specifică a frunzelor este un alt indicator sensibil pentru diverse strategii ecologice, printre altele pentru conținutul de azot din frunze (care scade liniar odată cu scăderea masei frunzelor) și, prin urmare, și pentru asimilarea CO_2 (Schulze *et al.*, 2018). Frunzele sclerofile cu o suprafață specifică scăzută a frunzelor (și o masă specifică mare a frunzelor) au un conținut mai scăzut de azot; asimilarea CO_2 este mai mică decât la frunzele mai moi. Speciile cu activitate metabolică mare au o suprafață specifică a frunzei mai mare (de exemplu, la plantele cultivate anuale este mai mare de $25 \text{ m}^2 \text{ x kg}^{-1}$) decât cele cu activitate metabolică scăzută (de exemplu, la coniferele veșnic verzi este de aproximativ $5 \text{ m}^2 \text{ x kg}^{-1}$).

Această situație este valabilă pentru plantele lemnoase sclerofile și malacofile din subtropicele cu ploi de iarnă și stres hidric vara, care au valori scăzute ale suprafeței specifice a frunzelor, iar arborii cu frunze verzi pe timpul verii și în sezonul ploios au valori ridicate. Suprafața specifică a frunzelor laurofilelor din pădurile de dafin, din subtropicele cu ploi pe tot parcursul anului, care nu sunt expuse nici la secetă, și nici la stres indus de temperaturi scăzute, este net mai mare decât cea a arborilor care sunt de asemenea veșnic verzi, dar au frunze dure.

După cum am subliniat deja, sclerofila nu este o caracteristică exclusivă a zonelor de pe Pământ cu vegetație cu frunze dure, de la subtropicele cu iarnă ploioasă. Deși este dominantă, acolo apar și alte tipuri de frunze, cum ar fi frunzele laurofile (de exemplu, *Arbutus unedo* și *Laurus nobilis* în zona mediteraneeană) (Lo Gullo și Salleo, 1988) și speciile malacofile de *Cistus*.

Vegetația sclerofilă se găsește și în unele zone uscate de la tropice și subtropice, așa cum ilustrează numeroasele specii de eucalipt cu frunze dure găsite în semi-deșerturile și savanele din Australia, sau speciile de *Acacia* care sunt prevăzute cu filodii (pețioluri aplatizate, asemănătoare frunzelor – a se vedea, din nou, Fig. 220-225) în loc de frunze penate (malacofile) din acele zone, sau din altă parte, care prezintă un comportament metabolic sclerofil (de exemplu, *Acacia koa* din Hawaii) (Pasquet-Kok *et al.*, 2010). Cu toate acestea, sclerofilele se găsesc de obicei în situsuri sărace în nutrienți, acide și contaminate cu aluminiu (denumite peinomorfe în literatura mai veche – Walter, 1974), deoarece transpirația mai mult sau mai puțin neînhibată este, de asemenea, dezavantajoasă și în astfel de condiții (evitarea absorbției ionilor toxici; reducerea asimilării CO_2 atunci când există un deficit de nutrienți) (Turner, 1994). Acestea includ plante „peinomorfe” din mlaștini, cum ar fi *Andromeda polifolia*, precum și multe specii de păduri tropicale, de exemplu, în zona Orinoco din Amazon. Caracterul sclerofil deosebit de pronunțat al Australiei și al savanei de tip „cerrado” brazilian se datorează, probabil, mai degrabă solului sărac în nutrienți, decât climatului uscat.

De fapt, termenul „laurofil” este o invenție pentru a desemna tipurile de frunze care se află undeva între cele sclerofile și frunzele moi ale pădurii tropicale.

Tipul de frunze laurofile nu poate fi definit în mod concludent nici fiziologic, nici anatomo-morfologic (De Lillis, 1991). Conform lui Box (1996), arborii laurofili tind să fie mai toleranți la umbră, sunt capabili să tolereze temperaturi sub 0°C pentru perioade scurte de timp (ceea ce se poate deduce din distribuția lor) și au coroane mai mari decât arborii din pădurile tropicale; de aceea, aceștia sunt deosebiți de cei sclerofili care solicită lumină ca o categorie separată, cu spectrul frunzelor laurofile variind de la moi la cu frunze tari. O mare parte a arborilor din pădurile tropicale poate fi inclusă în categoria 2b; frunzele în esență laurofile (categoria 3b) tind să fie coriacee și includ, de exemplu, genuri precum *Laurus*, *Castanopsis* și *Persea*, iar *Ilex aquifolium* poate fi inclus în categoria 3c (Tabelul 1). Termenul „laurofil” este folosit în paleobotanică pentru a se referi la pădurile cald-temperate din Terțiarul târziu, ale cărui relicve există și astăzi în Insulele Canare, Madeira și în „pădurea de lauri” Valdiviană. Astfel, într-un sens larg, toate pădurile veșnic verzi – cu frunze late, care apar la tropice (umede) la altitudini mari (de exemplu, păduri „de negură”, termen la Walter, 1974, *Nebelwald* în germană) și, zonal, dincolo de tropice, precum și la subtropice, cu ploi pe tot parcursul anului și zonele din climatul extrem oceanic-rece temperat – sunt considerate păduri laurofile (Klötzli, 1988).

Așa cum am enunțat deja, trebuie să se țină cont de faptul că trăsăturile (caracteristicile) frunzelor variază considerabil atât între speciile care coexistă în cadrul unei comunități de plante, cât și în cadrul unei singure specii (în funcție de expunerea frunzelor, nutrienții și aprovizionarea cu apă). Aceste variații le pot depăși chiar pe cele dintre *tipurile fiziognomice funcționale de plante* sau dintre diferitele zone de vegetație.

Tabelul nr. 1. Tipuri funcționale de frunze (Box, 1996, modificat de Pfadenhauer și Klötzli, 2020)

Structura frunzei	1 – Frunze mai iubitoare de lumină, cu o nuanță mai deschisă de verde	2 – tranziția între 1 și 3	3 – Frunze mai iubitoare de umbră, cu o nuanță de verde închis
Frunzei moi și subțiri	1a Malacofile	2a Malacofile	3a Frunze moi laurofile
Frunze pliabile, pieleose	1b Coriacee	2b Coriacee	3b Laurofile coriacee
Frunze dure, ușor de rupt	1c Sclerofile	2c Sclerofile	3c Lauro-sclerofile

După cum am enunțat deja, în definirea și caracterizarea tipurilor fiziognomice funcționale de plante (Tabelul 2), un rol important îl au caracteristicile individuale ale organelor asimilatoare fotosintetice, care se referă, pe scurt, la:

1. **Forma frunzei:** frunze cu frunze late, aciculare (la conifere), solzi; frunzele pot fi fie simple și nedivizate (marginii întregi sau serate, crestate; adesea la frunzele cu durată de viață mare), fie divizate (penate, palmate, lobate, de obicei la frunze moi, cu viață scurtă), sau liniare (graminee, de exemplu la *Poaceae*, *Cyperaceae*); forma frunzei poate oferi un indiciu în ceea ce privește procesele ecofiziologice, cum ar fi comportamentul în condiții de stres hidric (frunze involute la graminee, frunze suculente la *Crassulaceae* și *Aizoaceae*, frunze scleromorfe la ierburi țepoase).
2. **Anatomia și morfologia frunzelor:** frunze malacofile (frunze moi, de scurtă durată), pielose (coriacee), laurofile, sclerofile (frunze tari, cu stereom); în clasificarea pădurilor de foioase, aceasta este o distincție importantă. Anatomia și morfologia frunzelor afectează comportamentul plantei (frunzelor) în ceea ce privește transpirația.
3. **Tipuri de echilibru hidric:** frunze higromorfe (frunze moi, adesea mari la arborii cu un necesar mare de apă și transpirație pronunțată), xeromorfe (în cea mai mare parte, frunze mici, prevăzute cu adaptări precum o cuticulă groasă, un înveliș de ceară, o culoare cenușie deschisă sau pilozitate pentru a limita transpirația), mezomorfe (intermediare între higromorfe și xeromorfe).
4. **Mărimea frunzelor:** definită de lungimea frunzelor (Adam, 1994):
 - a. nanofile: <2,5 cm;
 - b. microfile: 2,5-7,5 cm;
 - c. notofile: 7,5-12,5 cm;
 - d. mezofile: 12,5-25 cm;
 - e. macrofile: >25 cm.

Mărimea frunzelor oferă un bun indiciu asupra latitudinii și altitudinii unde vegetează plantele: din cauza stresului termic (căldură și frig), secetei și radiațiilor, plantele cu frunze mai mici sunt selectate la altitudini mai mari sau la latitudini mai apropiate de poli.
5. **Durata de viață a frunzelor:** definită în funcție de numărul de luni în care frunzișul este verde; din acest punct de vedere, frunzele sunt împărțite în câteva categorii:
 - a. veșnic verzi cu durată de viață > 12 luni (până la 35 de ani la *Pinus aristata* din California);
 - b. semi-veșnic verzi cu durată de viață de 10-14 luni (în care frunzele vechi sunt lepădate când se dezvoltă frunzele noi);
 - c. căzătoare (foioase) cu durată de viață de 6-10 luni (verzi pe timpul verii sau în sezonul ploios).

Tabelul nr. 2. Tipuri fiziologice funcționale de plante care sunt dominante și caracteristice vegetației, trăsăturile lor structurale și funcționale și câteva exemple (Pfadenhauer și Klötzli, 2020)

	Tipul fiziologic funcțional de plantă	Caractere	Exemple
Arbori și arbuști cu frunze late veșnic verzi			
1	Arbori tropicali cu frunze late veșnic verzi	Arbori înalți, cu coronament, cu tulpină dreaptă (megafanerofite), cu coroane mici, frunze mezomorfe, de obicei nedivizate, coriacee, notofile până la macrofile, netolerante la îngheț (+5 până la -2°C), durata de viață a frunzelor: 2-4 ani.	<i>Shorea, Swartzia, Clusia</i>
2	Arbori extratropicali cu frunze late veșnic verzi (laurofilii)	Arbori cu coronament, de înălțime medie (mezo- și megafanerofite), frunze mezomorfe, de obicei nedivizate, în principal notofile, toleranți la îngheț până la -10°C, durata de viață a frunzelor: 1-2 ani.	<i>Laurus, Camellia, Persea, Ocotea, Quercus</i> (specii laurofile ca <i>Q. laurifolia</i>), <i>Castanopsis</i>
3	Arbori și arbuști cu frunze sclerofile late (veșnic verzi)	Arbori cu coronament, de obicei de înălțime scurtă spre medie (cu excepția unor specii australiene de eucalipt) (mezofanerofite) și arbuști (micro- și nanofanerofite), frunze xeromorfe, de obicei nedivizate, microfile până la notofile, heliofile; durata de viață a frunzelor de aproximativ 2 ani (la <i>Proteaceae</i> până la mai mult de 3 ani).	<i>Quercus</i> (speciile sclerofile), <i>Olea europaea</i> , <i>Cryptocarya alba</i> (<i>Lauraceae</i>), <i>Corymbia calophylla</i> (<i>Myrtaceae</i>), <i>Banksia</i> (<i>Proteaceae</i>), <i>Acacia aneura</i>
4	Arbori cu frunze late veșnic verzi, nanofile (tipul <i>Nothofagus</i>)	Arbori de înălțime scurtă până la medie (mezofanerofite), reprezentați de specii de <i>Nothofagus</i> veșnic verzi, frunze mezomorfe, nedivizate, nanofile.	Toate speciile de <i>Nothofagus</i> (<i>Nothofagaceae</i>) cu frunze veșnic verzi
Arbori și arbuști cu frunze late căzătoare			
5	Arbori și arbuști tropicali cu frunze late, verzi pe durata sezonului ploios	Arbori cu coronament, de înălțime scurtă până la medie (micro- și mezofanerofite); malacofile; frunze adesea divizate, căderea frunzelor parțial facultativă; acolo unde este cazul, se face distincția	<i>Lonchocarpus, Colophospermum, Erythrina, Prosopis, Brachystegia</i> (<i>Fabaceae</i>),

	Tipul fiziognomic funcțional de plantă	Caractere	Exemple
		între arbori cu coronament și arbori-umbrelă.	
6	Arbori și arbuști cu frunze late, verzi pe durata verii	Arbori de înălțime medie (mezofaneroфite) cu frunze de lumină și de umbră; malacofile; frunzele adesea divizate, perioadă de repaus iarna, mugurii rezistenți la îngheț la -20 până la -30°C.	<i>Fagus, Acer, Quercus</i> (toate cu frunze verzi vara), <i>Fraxinus</i>
Arbori – conifere cu frunze veșnic verzi			
7	Arbori cu frunze aciculare veșnic verzi	Arbori de înălțime medie cu frunze aciculare (mezofaneroфite), perioadă de repaus iarna, rezistente la îngheț până la -60°C, durata de viață a frunzelor între 8 (<i>Picea abies</i>) și >20 de ani (<i>P. mariana</i>).	<i>Picea, Abies, Pinus</i>
8	Conifere relict cu frunze verzi	Familii arhaice de conifere înalte (mezo- până la macrofaneroфite), unele cu frunze aciculare, altele cu frunze late (sclerofile, laurofile, nanofile) sau frunze solzoase; fără repaus, rezistență limitată la îngheț (până la -30°C).	<i>Araucaria, Fitzroya, Podocarpus, Libocedrus</i>
Arbori cu frunze aciculare, verzi în timpul verii			
9	Arbori cu frunze aciculare, verzi în timpul verii	Conifere de înălțime medie (mezofaneroфite), cu frunze căzătoare (obligatoriu), malacofilă, repaus de iarnă, muguri rezistenți la îngheț până la -60°C.	<i>Larix, Metasequoia</i>
Arbuști mici și pitici (micro- și nanofaneroфite, chameфite)			
10	Arbuști sclerofili mici și pitici	Veșnic verzi sau semi-veșnic verzi (chameфite și microfaneroфite), xeromorfe, heliofile, cu creștere lentă, latente (dormande) sezonier, cu sau fără spini sau ghimpi.	<i>Zygophyllum, Larrea</i> (<i>Zygophyllaceae</i>), <i>Caragana</i> (<i>Fabaceae</i>), <i>Anabasis</i> (<i>Chenopodiaceae</i>), <i>Calligonum</i> (<i>Polygonaceae</i>)
11	Arbuști mici și pitici, cu frunze verzi pe timpul verii, și veșnic verzi	Veșnic verzi sau cu frunze căzătoare (chameфite), repaus de iarnă, toleranți la îngheț, cu creștere lentă, chameфite și	<i>Dryas</i> (<i>Rosaceae</i>), <i>Salix</i> (<i>Salicaceae</i>), <i>Vaccinium</i> ,

	Tipul fiziognomic funcțional de plantă	Caractere	Exemple
		nanofanerofite, durata de viață a frunzelor 3-4 ani.	<i>Empetrum</i> , <i>Gaultheria</i> (<i>Ericaceae</i>)
Graminee și plante asemănătoare gramineelor			
12	Plante de tip tufă (smocuri)	Graminee cespitoase și plante asemănătoare gramineelor de diferite înălțimi (hemicriptofite) care formează tufe mai mult sau mai puțin compacte, frunze malacofile, mezo-spre xeromorfe, sisteme radiculare dense, intensive de până la 1 m adâncime, raport parte supraterană/rădăcină <1:2, tolerante la foc (regeneratoare pe cale vegetativă), oportuniste, de tip C ₄ și C ₃ .	C ₃ : <i>Stipa</i> , <i>Festuca</i> , <i>Elymus</i> C ₄ : <i>Aristida</i> , <i>Andropogon</i> , <i>Cymbopogon</i> , <i>Panicum</i>
13	Graminee țepoase	Graminee de diferite înălțimi, care formează movilițe cu frunze sclerofile (țepoase), xeromorfe, sistem radicular extins, rezistente la foc (regeneratoare pe cale vegetativă și prin semințe).	C ₄ : <i>Triodia</i> , <i>Stipagrostis</i> (unele specii), C ₃ : <i>Festuca orthophylla</i>
Suculente			
14	Tulpini succulente	Plante înalte sau joase cu țesut acvifer (de stocare a apei) în tulpină; lăstari laterali, frunze și stipele reduse la spini, sistem radicular superficial; cale fotosintetică de tip CAM.	Numeroase specii din familiile <i>Cactaceae</i> , <i>Apocynaceae</i> și <i>Euphorbiaceae</i> (<i>Euphorbia</i>)
15	Frunze succulente	De obicei, plante joase (scurte) cu țesut acvifer în frunze (sarcofile), sistem radicular superficial și extins, cale fotosintetică de tip CAM.	<i>Orophytum</i> , <i>Mesembryanthemum</i> (<i>Aizoaceae</i>), <i>Didelta</i> (<i>Asteraceae</i>), toate speciile de <i>Crassulaceae</i>
Alte tipuri fiziognomice funcționale de plante			
16	Liane	Plante cățărătoare lemnoase cu vase de lemn lungi și largi, frunze adesea xeromorfe; se face distincția între tulpini volubile, agățătoare prin ramuri, cățărătoare	<i>Calamus</i> div. spec. (<i>Arecaceae</i>), <i>Entada rheedii</i> , <i>Bauhinia guianensis</i> (<i>Fabaceae</i>)

	Tipul fiziognomic funcțional de plantă	Caractere	Exemple
		prin rădăcini, cățărătoare prin cârcei și prin cârlige (a se revedea discuțiile de la tulpină, ecologia tulpinii – liane).	
17	Plante de tip perniță	Aglomerări de lăstari sub forma unor pernițe mai mult sau mai puțin hemi-emisferice, cu climat interior specific, veșnic verzi, chamefite.	<i>Bolax</i> , <i>Azorella</i> (<i>Apiaceae</i> ; perniță dură), <i>Acantholimon</i> (<i>Plumbaginaceae</i> ; perniță țepoasă), <i>Silene acaulis</i> (<i>Caryophyllaceae</i> ; perniță moale)
18	Plante uriașe de tip rozetă	Micro- și nanofanerofite care formează rozete cu activitate diurnă (cicluri de îngheț/dezghet).	<i>Dendrosenecio</i> , <i>Espeletia</i> (<i>Asteraceae</i>), <i>Puya</i> (<i>Bromeliaceae</i>)
19	Cormo-epifite	Plante vasculare epifite pe tulpini sau în coroanele arborilor cu trăsături foarte specializate pentru absorbția și stocarea apei și a nutrienților; căi fotosintetice de tip C ₃ , CAM.	Specii de <i>Orchidaceae</i> și <i>Bromeliaceae</i> (<i>Tillandsia</i>), <i>Peperomia</i> (<i>Piperaceae</i>)
20	Efemere	Plante erbacee sau asemănătoare gramineelor cu organe vizibile temporar deasupra solului (terofite, geofite), ciclu de viață scurt (0,5-2,0 luni).	<i>Allium</i> , multe specii terofite de <i>Chenopodioideae</i> și <i>Asteraceae</i>

II. Ecologia frunzei la xerofite

După cum am discutat deja în secțiunea dedicată ecologiei rădăcinii, la xerofite (plante care vegetează în locuri uscate, aride = xerice), există tendința evidentă de reducere a părții supraterane (tulpini, frunze) în raport cu cea subterană (sistem radicular), în vederea limitării unei transpirații excesive, care ar putea deci să perturbe echilibrul hidric al plantei, printr-o pierdere excesivă de apă din corpul plantei.

Din acest punct de vedere, frunza, ca principal organ al transpirației, suferă modificări morfologice marcante, referitoare în special la mărime, formă, număr, prezența unor dispozitive particulare care pot contribui la limitarea pierderilor de apă din plantă.

Diminuarea suprafeței de transpirație se poate face prin mai multe mecanisme care privesc frunza și care se pot referi fie la diminuarea temporară a

suprafeței de transpirație, fie la diminuarea permanentă a formei frunzelor și tulpinilor (de acestea din urmă, ne-am ocupat la capitolul dedicat tulpinii).

a. Diminuarea temporară a suprafeței de transpirație

Cea mai eficientă metodă prin care o plantă își poate diminua suprafața de transpirație este eliminarea tuturor părților cu transpirație intensă înainte de începerea sezonului uscat (a se vedea mai sus – „Căderea (abscizia) frunzelor”).

Am văzut deja că plantele lemnoase se comportă astfel, în sensul că își pierd frunzișul înainte sau în timpul sezonului uscat sau rece și rămân fără frunze pentru o lungă perioadă de timp; astfel de specii sunt descrise ca foioase („cu frunze căzătoare”), în opoziție cu cele cu frunze veșnic verzi. La aceste plante, în timpul sezonului nefavorabil, toate părțile de deasupra solului sunt de obicei protejate împotriva transpirației, de suber sau de catafile (în cazul mugurilor), aceștia din urmă fiind impregnați cu substanțe care pot controla evaporarea. La toate aceste plante, structura frunzelor nu este de obicei deloc xeromorfă (sau este doar ușor xeromorfă), ci este mezomorfă, dacă sezonul vegetativ este suficient de umed. Protecția împotriva secetei este mai pronunțată cu cât o specie își prelungește mai mult sezonul vegetativ dincolo de începutul sezonului uscat.

La alte plante, suprafața de transpirație este redusă într-un mod destul de diferit, de exemplu, graminee ale căror frunze se rulează pe vreme uscată, astfel încât formează un fel de tuburi și, astfel, par filiforme sau sub formă înrulată. Așa este cazul la *Psamma (Ammophila) arenaria*, *Weingaertneria (Corynephorus) canescens*, specii de *Festuca* și multe alte graminee care vegetează pe dune sau în alte habitate afectate de seceta fizică sau fiziologică a solului (și multe halofite „amfibii” – Grigore și Toma, 2011) și, în țările mediteraneene, speciile de *Stipa*, *Lygeum*, *Aristida*; frunzele înfășurate sunt caracteristice în special pentru gramineele de stepă și se întâlnesc și la cele de pe sărături cum ar fi *Triticum junceum*, *Puccinellia distans*.

Pe măsură ce aerul devine mai uscat, frunza se înrulează (Fig. 246), astfel încât suprafața superioară transpiratoare, unde apar în principal sau exclusiv stomatele, este mai puțin expusă transpirației; stomatele devin astfel închise într-un spațiu în care aerul este mai mult sau mai puțin constant, neafectat de curenți de aer.

În condiții de rehidratare (umiditate), frunza se derulează (redevine etalată). La specii de *Cyperaceae* și *Poaceae*, în special, se întâlnește acest fenomen. În aceste mișcări ale frunzei, rolul principal îl joacă celulele buliforme (celule motoare, celule „balama”) care se află localizate în brazde pe fața superioară a frunzelor; aceste celule sunt localizate ceva mai adânc decât celelalte celule epidermice, iar pereții lor celulozici sunt ușor pliați pe măsură ce frunzele se îndoaie (Grigore și Toma, 2011; Grigore și Toma, 2010a; 2017; Grigore *et al.*, 2014; Grigore și Toma, 2020); în linii mari, modificarea turgescenței acestor celule, care sunt foarte mari, în comparație cu restul celulelor epidermice, determină acest mecanism de înrulare/derulare a frunzelor la aceste specii de plante din habitate uscate, fizic sau fiziologic.

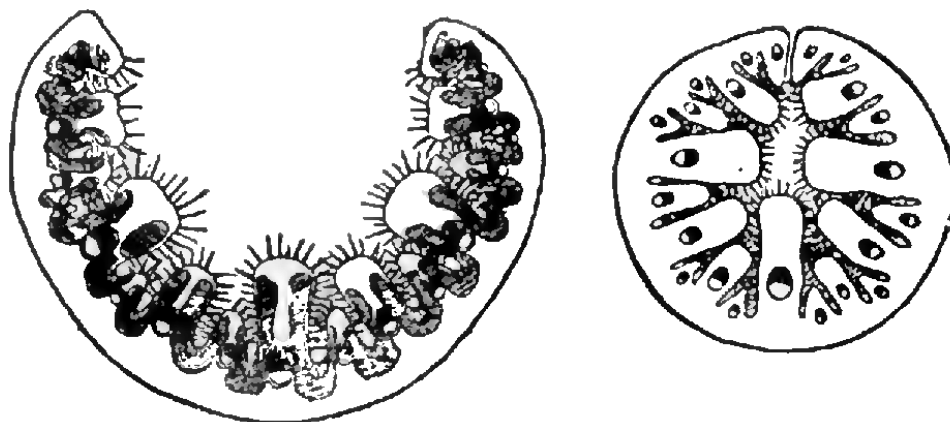


Fig. 246. *Calamagrostis* (*Ammophila*, *Psamma*) – schemă generală a înrulării frunzei – stânga, condiții cu umiditate suficientă; dreapta, pe vreme uscată (frunza este înrulată) (Warming, 1918)

Mișcări similare prezintă și unele dicotiledonate, cum ar fi *Hieracium pilosella*, *Antennaria dioica*, *Crepis tectorum*, *Croton* și *Euphorbia paralias*, care crește pe dunele din vestul și sudul Europei. Frunzele de *Erica tetralix* și *Ledum palustre* sunt mai puțin înrulate pe sol umed decât pe sol uscat. Dintre criptogame, pot fi menționate unele ferigi și mușchi, inclusiv specii de *Rhacomitrium*, *Tortula* și *Polytrichum*. Frunzele de *Rhacomitrium canescens* și *Tortula ruralis*, pe vreme uscată, sunt pliate împreună; când vremea sau solul sunt umede, acestea sunt extinse.

b. Reducerea permanentă a frunzei

La foarte multe xerofite, organele transpiratoare, în special frunzele, sunt extrem de reduse în mărime și suprafață, în mod ireversibil, rezultând o serie de tipuri specializate de tulpini și frunze xeromorfe. Dimensiunea frunzei și a lăstarilor foliați, în ansamblu, arată o anumită dependență de cantitatea de substanțe nutritive și de apă disponibile pentru plantă în momentul dezvoltării acesteia. Lipsa apei poate induce nanism; de exemplu, în locurile nisipoase uscate, multe specii sunt mici (pitice); în plus, una și aceeași specie poate avea frunze mici pe sol uscat și frunze mari pe sol umed, așa cum este cazul speciilor *Urtica dioica*, *Viola canina*, *Erodium cicutarium* și multe altele; o serie de plante de deșert, cum ar fi genurile *Zilla* și *Alhagi*, produc la începutul sezonului ploios frunze mari, dar, mai târziu, mai multe frunze mai mici sau deloc. În mod clar, dimensiunile mici ale frunzelor la aceste specii sunt rezultatul direct al uscăciunii.

c. Forme de frunze la xerofite

- a. *Frunza pinoidă sau aciculară* se întâlnește la conifere (Fig. 247), *Proteaceae*, *Ulex europaeus* și alte specii. Este lungă, liniară, ascuțită și adesea are o structură mai mult sau mai puțin radială. Relațiile acestei frunze cu transpirația rezultă din faptul că suprafața ei, proporțională cu volumul acesteia, este mult mai mică decât în cazul unei frunze lățite, deci suprafața ei de evaporare este relativ mai mică. Această realitate este valabilă și pentru următoarele tipuri de forme de frunze.



Fig. 247. Frunze pinoide (aciculare) – *Picea excelsa* (molid) (stânga) și *Larix decidua* (lariță) (dreapta) (Morariu, 1965)

- b. *Frunza de tip ericoid* (Fig. 248, 249) este o frunză înrulată, adică marginile ei sunt ondulate în jos, sau în sus (mult mai rar, ca la *Passerina*); apare astfel o brazdă în care stomatele sunt izolate de mișcările aerului. Frunzele ericoide sunt scurte și liniare; se găsesc la *Erica*, *Calluna*, *Cassiope tetragona* și alte *Ericaceae*, *Epacridaceae*, *Myrtaceae*, *Berberis empetrifolia* din Chile, specii de *Thymelaeaceae* sud-africane, compozite, *Rubiaceae* și, printre alte familii, la speciile care cresc în formațiunile de „maquis” („machia”, „garriga” – asociație vegetală formată din tufărișuri xerofile veșnic verzi, dense, greu de străbătut cu piciorul, întâlnite în climatul uscat mediteraneeu), sau alte habitate unde transpirația este puternică.



Fig. 248. *Agathosma erectum* (Warming, 1918)

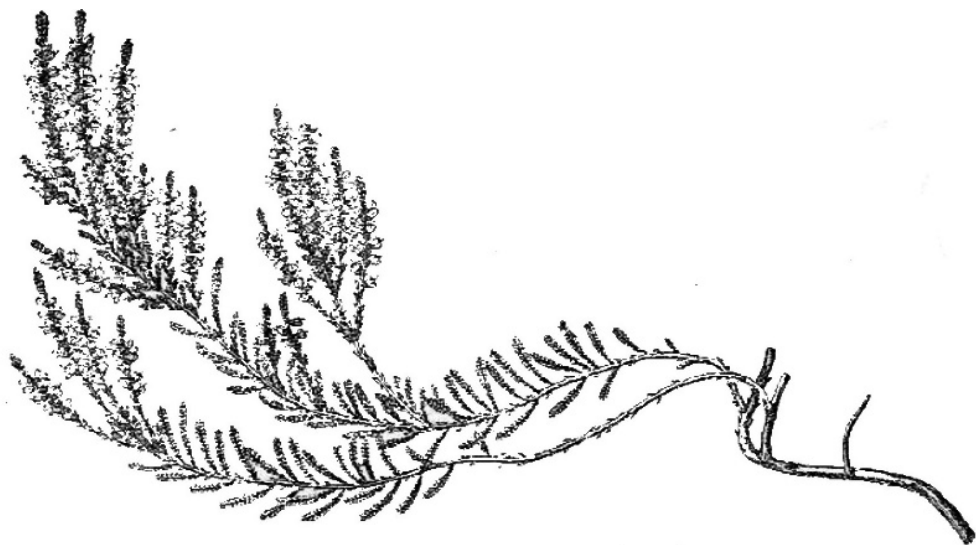


Fig. 249. *Calluna vulgaris* (Flora R.P.R., vol. 7, 1960)

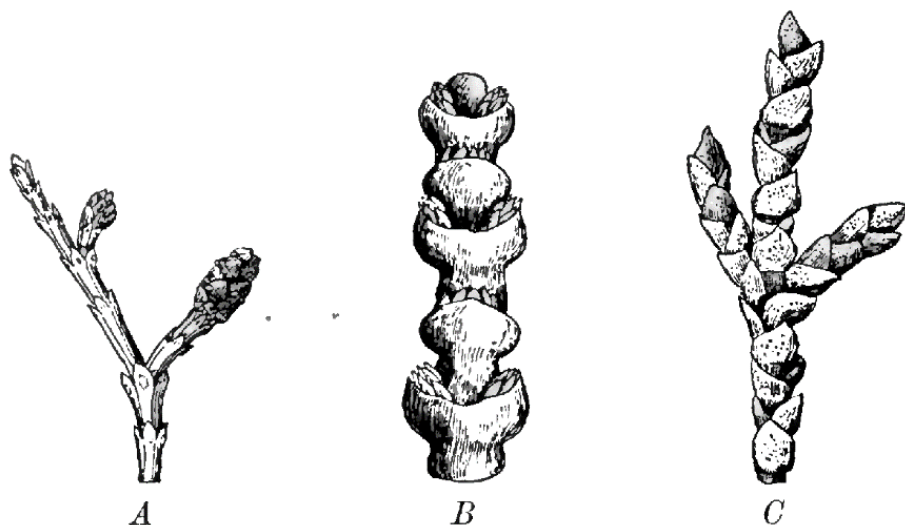


Fig. 250. Frunze de tip cupressoid: A – *Callitris quadrivalvis*; B – *Anabasis articulata*; C – *Tamarix pauciovulata* (Warming, 1909)



Fig. 251. *Tamarix canariense*; frunze cupressoid – săgețile negre indică picături de soluție salină secretate de glande salinice de la nivelul frunzelor (original)

- c. *Frunza de tip cupressoid (lepidofilă, lepidoidă)* este lată și scurtă, direcționată apical și, uneori, decurantă (Fig. 250; 251); este întâlnită la multe specii de *Cupressaceae*, unele *Scrophulariaceae* (*Veronica thuyoides* și *V. cupressoides*, specii alpine în Noua Zeelandă), *Santalaceae*, *Tamaricaceae*, *Compositae*, *Umbelliferae* (la *Azorella* de la altitudini alpine din America de Sud și în ținuturile antarctice).
- d. *Frunza setacee sau filiformă* apare la foarte multe monocotiledonate; este de obicei brăzdată pe fața sa superioară și își acoperă stomatele în brazde protejate de peri. Mișcări asociate cu schimbările de umiditate sunt întâlnite, de exemplu, la *Festuca ovina*, *Corynephorus ranescens*, multe graminee care cresc în deșerturi, stepe sau pe munții înalți. Frunzele divizate, cum ar fi cele de la specii de *Artemisia*, posedă adesea segmente mici (lacinii) (Fig. 252), circulare.
- e. *Frunza de tip juncoid* este lungă, circulară în secțiune transversală, lipsită de brazde și se întâlnește la specii de *Juncus* (Fig. 253), o serie de *Cyperaceae* și unele *Umbelliferae* alpine din America de Sud. Această formă de frunză se întâlnește mai ales pe solul umed, rece, acid, care este expus vântului.
- f. *Frunza suculentă* poate fi inclusă în această clasificare, deoarece, în afară de grosimea sa, este adesea mai mult sau mai puțin circulară în secțiune transversală, liniară, oblongă sau spatulată, lipsită de inciziuni; se găsesc, de exemplu, la *Sedum acre*, *Sempervivum tectorum* și alte *Crassulaceae*, specii de *Mesembryanthemum*, *Batis maritima* și alte halofite (Fig. 254-256), dar și la unele *Orchidaceae*. Această formă de frunză se caracterizează prin micșorarea relativă a suprafeței în comparație cu volumul.
- g. *Frunza sclerofilă sau mirtoidă*. Există multe alte forme de frunze care nu aparțin niciunuia dintre tipurile precedente, dar adaptate să reziste la transpirație excesivă; printre acestea pot fi incluse în mod special frunzele rigide (dure) sau sclerofile (Fig. 147). Frunzele pot fi mici (ca la *Loiseleuria procumbens* – Fig. 257 – și *Diapensia*) sau înguste și rigide, mai mult sau mai puțin revolute (ca la *Lavandula*, *Hyssopus* și alte specii mediteraneene), sau mai late (ca la *Myrtus communis*, *Nerium*, *Olea*, *Rhododendron* – Fig. 258), obovate, alungite, eliptice, lanceolate sau de altă formă simplă, lipsite de inciziuni. Sunt aplatizate, coriacee și rigide, în mare parte datorită epidermei cu pereți groși și sunt veșnic verzi. Pentru a se proteja împotriva transpirației excesive, astfel de frunze au de obicei mecanisme suplimentare, în special la nivel structural (anatomic). Tot în această categorie ar mai putea fi incluse, de asemenea, cladodiile în formă de frunze de la *Ruscus aculeatus* și de la *Semele androgyna* (Fig. 259).

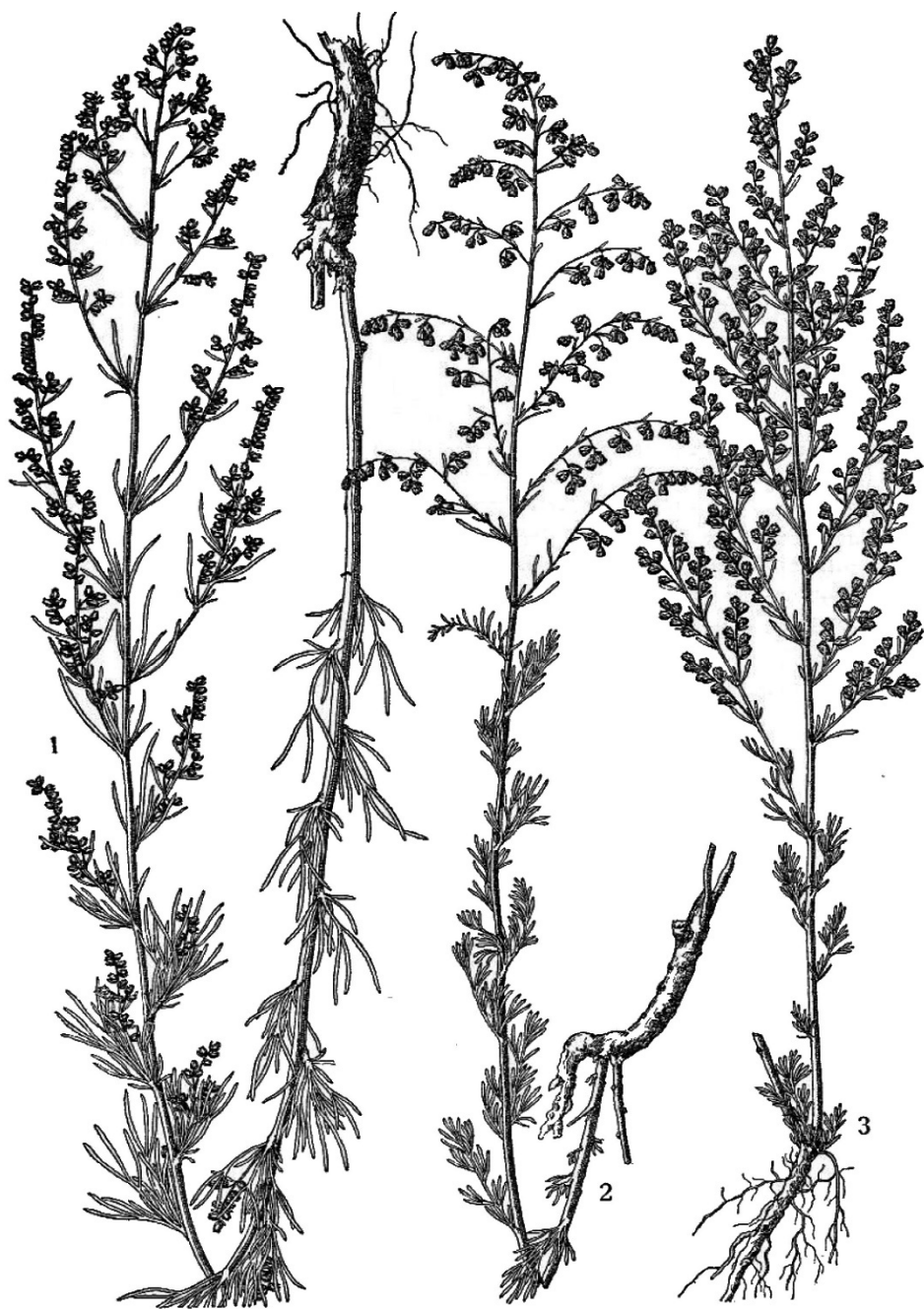


Fig. 252. 1 – *Artemisia campestris*; 2 – *A. maritima* ssp. *salina*; 3 – *A. maritima* ssp. *monogyna* (Flora R.P.R., vol. 9, 1964)



Fig. 253. *Juncus alpinus* var. *carpaticus* (1); *Juncus alpinus* var. *fuscoater* (2); *Juncus bulbosus* (3); *J. triglumis* (4); *Juncus castaneus* (5) (Flora R.S.R., vol. 11, 1966)

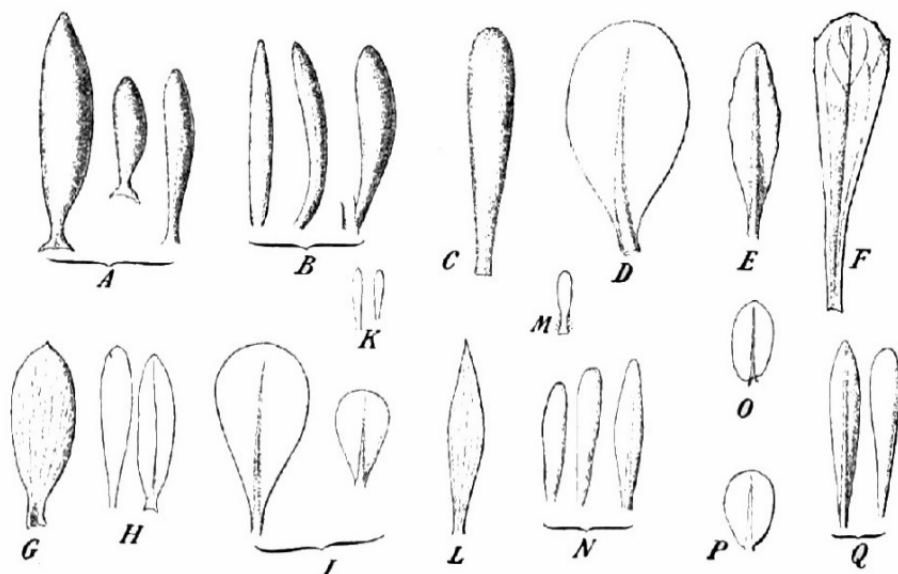


Fig. 254. Frunze succulente la specii de halofite: *Sesuvium portulacastrum* (A); *Batis maritima* (B); *Tournefortia gnaphalodes* (C); *Scaevola plumieri* (D); *Cakile aequalis* (E); *Acicarpha spathulata* (F); *Borrchia arborescens* (G); *Philoxerus vermiculatus* (H); *Baccharis dioica* (I); *Alternanthera muscoides* (K); *Ernodea littoralis* (L); *Pectis humifusa* (M); *Heliotropium curassavicum* (N); *Euphorbia buxifolia* (O); *Portulaca oleracea* (P); *Suriana maritima* (Q) (Warming, 1897)

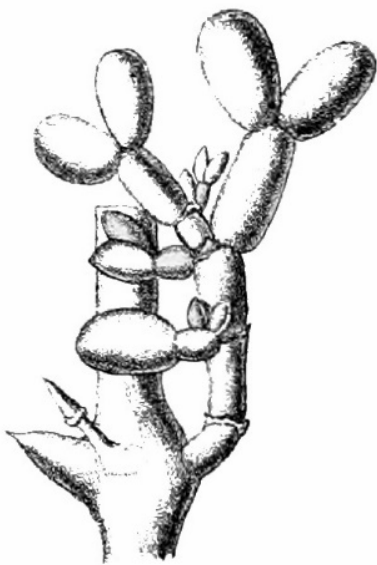


Fig. 255. Frunze succulente la *Zygophyllum* sp. (Warming, 1897)

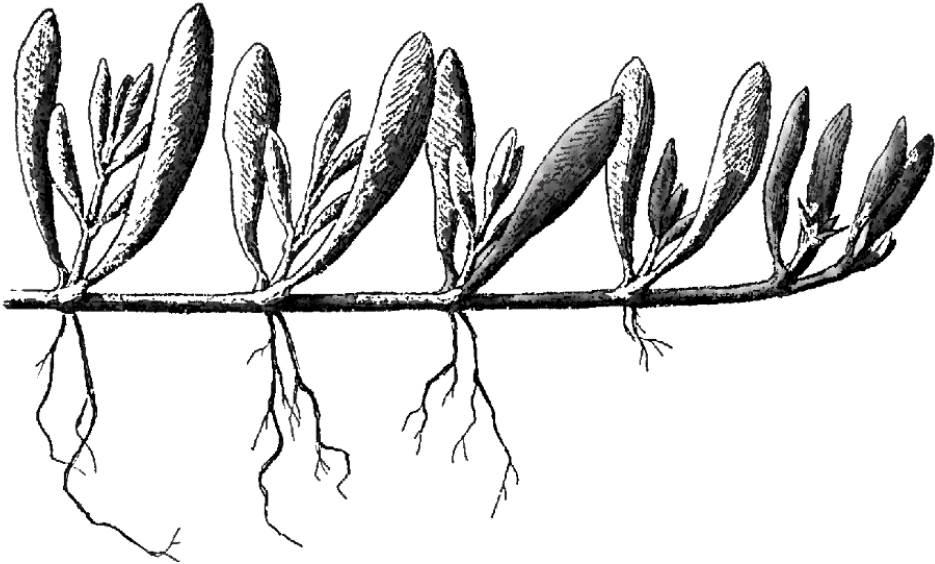


Fig 256. *Sesuvium portulacastrum* (Warming, 1918)



Fig. 257. *Loiseleuria procumbens* (Flora R.P.R., vol. 7, 1960)

Așa cum am mai afirmat, plantele din deșerturi prezintă, de asemenea, frunze reduse. În Sahara, frunzele sunt diferite, variind de la forma solziformă sau chiar absența lor, până la dimensiune moderată (Fig. 260-262). Multe specii par a fi aici veșnic verzi, cum ar fi *Artemisia herba-alba*, *Capparis spinosa*, *Echium humilis*, *Fagonia bruguieri*, *Gymnocarpon* sp., *Haloxylon articulatum*, *Helianthemum sessiliflorum*, *Henophyton deserti*, *Herniaria fruticosa* și *Salsola*. Anumite plante, probabil ca *Henophyton*, sunt veșnic verzi facultative, păstrând frunzele, dacă sezonul este umed, și lepădându-le dacă este excesiv de uscat; multe specii din acest gen pot fi fără frunze, dar cu tulpini verzi.

Cannon (1913) a făcut măsurători privind variația dimensiunii frunzelor unei singure specii, precum și dimensiunea medie a frunzelor. Astfel, lungimea frunzelor la *Henophyton deserti* variază de la 2 la 3,1 cm, iar în lățimea de la 0,2 la 0,5 cm. Lungimea medie a 12 frunze de la o singură ramură de circa 18 cm lungime a fost de 2,82 cm; lățimea medie a fost de 0,35 cm. Pe o altă ramură, de 23 centimetri lungime, erau 35 de frunze mature, care aveau în medie aproape exact dimensiunea celor menționate anterior. Deoarece aceste frunze sunt destul de numeroase și de dimensiuni satisfăcătoare, rezultă că specia are o suprafață foliară relativ mare (Fig. 263).

Arbustul veșnic verde *Capparis spinosa* are frunze mari; frunzele sale sunt bilaterale și aproape rotunde și sunt așezate vertical pe ramuri; la o serie de 29 de frunze dintr-o ramură de 33 cm lungimea a variat de la 2 la 3,2 cm în lungime și ceva mai puțin în lățime, media fiind de 2,9 cm lungime, iar lățimea, de 2,2 cm.

Euphorbia guyoniana (Fig. 260) are portul unei plante cu frunze de căzătoare. Frunzele sale sunt destul de mici, dar numeroase. Cannon (1913) a găsit că un lăstar de 22 cm lungime are 40 de frunze, variind în lungime de la 1,5 la 2,1 cm, iar în lățime, de la 1,2 la 2,0 mm, cu lungimea medie și lățimea medie de 1,7 cm și 1,6 mm.

Suprafața frunzelor este, cel mai adesea, netedă, ca, de exemplu, la *Capparis*, *Henophyton* și *Haloxylon*. Pilozitatea densă este o excepție în rândul speciilor studiate, *Lithospermum callosum* fiind singura specie în acest sens.

Caracterul xeromorf al frunzelor a fost evidențiat și la plantele care vegetează în regiunile aride din sudul Australiei. Se consideră, la modul general, că profilul caracterelor xeromorfe al plantelor crește odată cu creșterea uscăciunii habitatului. Acolo unde precipitațiile sunt cele mai favorabile, plantele sunt relativ mari și abundente, iar frunzele pe care le poartă nu sunt doar numeroase, ci și relativ mari. Desigur, aceasta este regula generală, dar, în natură, există foarte multe nuanțe și excepții.

Astfel, afilia (lipsa frunzelor) este ocazional întâlnită la genurile cu frunze sau specii purtătoare de filodii. O stare de afilie implică absența frunzelor în orice moment și în toate stadiile de dezvoltare, cu excepția, posibil, a plantulelor. Se pare că nu există plante perene cu port foios prin care starea afiliei (lipsa frunzelor) să devină una recurentă.



Fig. 258. *Rhododendron kotschyi* (Flora R.P.R., vol. 7, 1960)

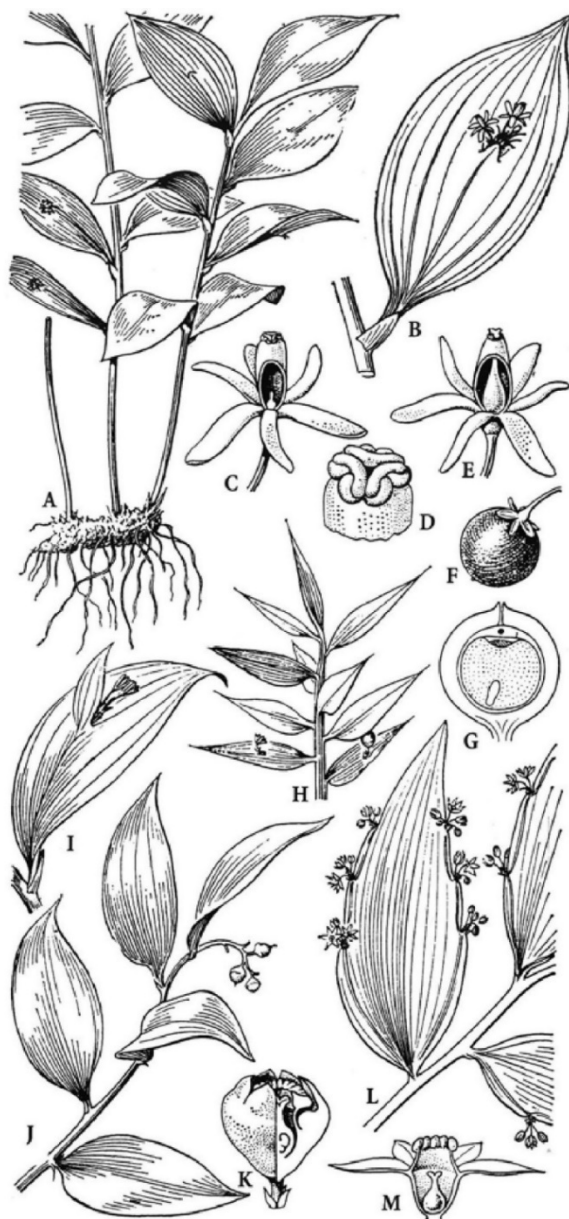


Fig. 259. Familia *Ruscaceae*; A–G: *Ruscus colchicus*. A – plantă cu lăstarii aerieni – anul curent și de anul trecut; B – filocladă floriferă; C – floare masculă; D – vârful tubului staminal; E – floare femelă; F – fruct; G – fruct, secțiune longitudinală; H – *Ruscus aculeatus*, parte aeriană; I – *Ruscus hypoglossum*, filocladă; J, K – *Danae racemosa*; J – lăstar purtător de fruct; K – floare; L, M – *Semele androgyna*; L – lăstar florifer; M – floare, secțiune longitudinală (Yeo, 1998)



Fig. 260. *Euphorbia guyoniana* (Cannon, 1913)



Fig. 261. *Centaurea* sp. (stânga); *Teucrium pseudo-chamaepitys* (dreapta) (Cannon, 1913)



Fig. 262. *Salsola* sp. (jos); *Echinopsilon muricatus* (sus) (Cannon, 1913)



Fig. 263. *Henophyton deserti* (Cannon, 1913)

Adaptările la condițiile la mediu au loc pe diferite linii și afectează în mod natural partea aeriană a plantei într-o mare varietate de moduri, cum ar fi cuticularizarea suprafețelor expuse, formarea perilor protectori și, în mod predilect, a sclerenchimului, dezvoltarea secrețiilor rășinoase sau de altă natură care acoperă lăstarii, cel puțin parțial, formarea de organe sau celule de stocare a apei, o modificare a direcției de creștere într-un fel legată de lumină și, printre altele, dimensiunea și forma organelor fotosintetizatoare.

Trecerea în revistă a caracterelor frunzelor plantelor perene reprezentative din sudul Australiei arată o tendință puternică de a dezvolta frunze sau filodii, care sunt relativ lungi. Acest lucru este cel mai marcat în regiunile foarte uscate (Cannon, 1921). În acest tip de modificare a frunzelor există o reducere a cantității de clorenchim de orice fel, iar frunzele pot fi reduse practic doar la nervuri principale cu aripi înguste. Cu toate acestea, în cazul filodiilor, axele de care sunt prinse pot deveni foarte lungi, care este, din câte se pare, tot o dezvoltare secundară. În condiții mai umede de creștere însă, acestea din urma suferă o modificare terțiară, devenind relativ late, crescând astfel suprafața într-o mare măsură. O astfel de revenire are loc numai în condiții de aprovizionare bună cu apă; filodiile de *Acacia pycnantha* ilustrează această ultimă caracteristică. Suprafața de transpirație este și ea mărită doar prin creștere în lungime, astfel încât există în acest sens un conflict aparent în direcția dezvoltării, precum și o adevărată excepție de la tendința generală a speciilor de a suferi o reducere a suprafeței frunzelor odată cu scăderea cantității de apă disponibilă.

Aceste caracteristici pot fi ilustrate prin câteva exemple de dimensiuni ale frunzelor sau filodiilor. *Heterodendrum oleifolium* este un arbore mic care vegetează în regiunile aride-semiaride. Frunzele au aproximativ 110 mm în lungime, cu aproximativ 14 mm în lățime, și au o suprafață, pe o latură, de aproximativ 1080 mm². Raportul dintre lungime și lățime, prin urmare, este de aproape 8 la 1, în timp ce raportul dintre suprafață și lungime este de aproximativ 19 la 1. *Acacia stenophylla* vegetează în regiunile deșertice-aride. Filodiile speciei pot deveni lungi, de aproximativ 375 mm., măsurând 5 mm. în lățime și au o suprafață, pe o latură, de aproximativ 1.700 mm². Raportul dintre lungime și lățime este în ultimul caz de aproximativ 75 la 1, iar cel dintre suprafață și lungime este de aproximativ 4,5 la 1. În acest sens, se poate remarca că la frunzele simple, de formă circulară și, astfel, cu cea mai mare suprafață posibilă, raportul dintre lungime și lățime este unitar și cel dintre suprafață și lungime variază cu diametrul și crește în raport geometric odată cu creșterea în diametru. O frunză „compozită” – construită pe media lungimii și lățimii frunzelor aparținând a 30 de specii reprezentative care cresc în regiunile deșertice-semiaride din Australia de Sud – are o lungime de 64 mm și o lățime de 5 mm, dând raportul lungime/lățime de aproape 13 la 1. Măsurătorile efectuate pe filodiile a 16 specii de *Acacia* dau o lungime medie de 84 mm și o lățime medie de 3,5 mm, sau un raport dintre lungime și lățime de 24 la 1. Într-o altă serie de 29 de specii, au fost măsurate atât frunzele, cât și filodiile, și s-a calculat aria. În acest caz,

raportul dintre suprafață și lungime a fost de 4,7 la 1. Pentru dimensiunile frunzelor observate, s-ar părea, prin urmare, că raportul dintre suprafață și lungime este mult sub cel de așteptat la speciile care cresc în condiții umede – adică, la speciile care poartă frunze cu suprafața transpirantă egală sau, cu alte cuvinte, cu lamina mai dezvoltată. Raporturile lungime/lățime și suprafață/lungime, din acest motiv, ar putea constitui un indice al gradului de xerofilie al speciei (Cannon, 1921).

În aceste condiții de uscăciune, este limpede că o reducere a suprafeței frunzelor reprezintă cel mai vizibil efect asupra plantelor perene, ca reacție la o aprovizionare slabă cu apă, alături de caracteristicile sale fizice directe, o umiditate relativă scăzută a aerului și o viteză rapidă de evaporare. Această reacție se traduce în mai multe moduri.

Arborii sunt de obicei mici și simetrici. Forma frunzișului speciilor de eucalipt care au un port de tip „mallee” (termenul desemnează tipul de arbori și arbuști care cresc cu tulpini multiple formate dintr-un lignotuber subteran, de obicei până la o înălțime de cel mult 10 m) la, de exemplu, *Eucalyptus oleosa*, ilustrează acest lucru în sudul Australiei.

Acolo unde speciile cresc pe lângă cursuri de apă, creșterea este de obicei vizibil mai puțin compactă. Adesea, de obicei în regiunile mai uscate, frunzișul se limitează la vârfurile ramurilor, prin care efectul de coronament este sporit. Efectul imediat asupra plantelor, cu toate acestea, este de a limita creșterea frunzelor sau de a produce o astfel de modificare a organelor fotosintetizante, așa cum se poate observa la multe specii de *Acacia*, sau de a suprima complet formarea frunzelor la plantele mature. În timpul acestui proces, organul foliar suferă, aparent, o modificare a formei, astfel încât devine relativ lung în comparație cu un reper „standard”, sau cu plantele situate mai favorabil în ceea ce privește aprovizionarea cu apă.

d. Reglarea gradului de iluminare la nivelul frunzei

Se știe că lumina are un efect de încălzire asupra plantei și astfel accelerează transpirația și, deoarece lumina intensă dăunează clorofilei, multe plante terestre posedă dispozitive cu ajutorul cărora organele asimilatoare evită iluminarea prea intensă. Aceste dispozitive pot fi temporare sau permanente.

1. Mișcări prin care este reglat gradul de iluminare (Reglare temporară)

Multe plante au o capacitate remarcabilă de apreciere a intensității luminii și pot regla cantitatea care ajunge la nivelul organelor lor, prin mișcări ale foliolelor, care își plasează laminele la unghiuri precise în raport cu razele incidente. Când lumina este moderată, cum ar fi dimineata devreme, laminele sunt expuse cât mai mult posibil la lumină, ale cărei raze le lovesc aproximativ în unghi drept. Dar când lumina devine mai puternică, frunzele adoptă din ce în ce mai mult o poziție de răsucire (în sus sau în jos), astfel încât unghiul de incidență să devină din ce în ce mai acut, adică razele soarelui „lovesc” mai puțin suprafața laminei; în acest fel, frunzele sunt relativ mai puțin iluminate și încălzite, iar transpirația este, în

consecință, scăzută. Aceste mișcări sunt executate de frunzele compuse ale numeroaselor plante și în special ale unora care cresc în tufărișuri tropicale, uscate; printre acestea se numără multe specii de *Acacia* și alte specii de leguminoase, *Oxalidaceae* (inclusiv *Oxalis acetosella* – Fig. 264), specii de *Zygophyllaceae*. Există și specii cu frunze simple, cum ar fi *Hura crepitans*, care execută mișcări asemănătoare, dependente de intensitatea luminii.

Frunzele acestor specii au o structură mai mult sau mai puțin mezomorfă; de exemplu, foliolele speciilor de *Acacia*, având capacitatea de mișcare ca răspuns la intensitatea intensității luminoase, sunt adesea subțiri și au o epidermă netedă și subțire.

Aparent, și frunzele care tocmai ies din mugur sunt adesea așezate în poziție verticală, sau, la unele plante tropicale, frunzele coboară vertical, prezentând totodată vârfuri de picurare, care servesc la scurgerea eficientă a apei de pe suprafața lor (Fig. 265).

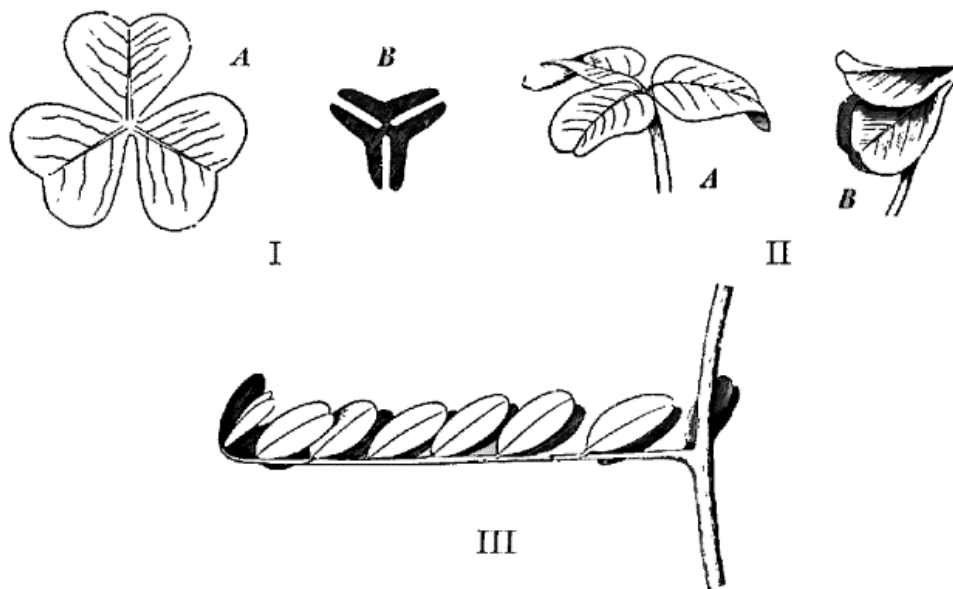


Fig. 264. I – Frunze de *Oxalis acetosella*: A – în poziție de zi, în lumină slabă, văzute de sus; B – în poziție de noapte, văzute de sus; II – Frunze de *Trifolium repens*: A – în poziție diurnă; B – în poziție nocturnă, foliola mijlocie se apleacă pentru a acoperi foliolele laterale; III – Frunza de *Coronilla rosea* în poziție nocturnă, cu foliolele îndreptate în sus (Warming, 1918)



Fig. 265. Lăstar tânăr de *Brownea coccinea* – frunzele atârnă ușor vertical și se acoperă una pe cealaltă; frunzele tinere, ca și cele mai în vârstă, au vârfuri de picurare foarte pronunțate (Warming, 1918)

2. Poziții fixe în raport cu lumina (Reglare permanentă)

Toate frunzele, pe măsură ce se desfășoară (derulează), execută mișcări în urma cărora dobândesc o poziție orizontală favorabilă. Acestea își plasează laminele perpendicular pe cea mai puternică lumină difuză. În condiții neobișnuite, când predomină lumina mai intensă, frunzele adoptă o poziție care să permită un contact cât mai mic între razele soarelui și suprafața limbului. O diminuare a acțiunii razelor solare și, în consecință, a transpirației, se va traduce într-o poziție orizontală permanentă (limbul foliar etalat către raza de incidență a soarelui) (Fig. 269) sau alte aranjamente similare din partea suprafețelor asimilatoare, care primesc astfel lumina intensă a amiezii la unghiuri ascuțite. Acesta este cazul așa-numitelor „plante-busolă”, reprezentate de unele specii precum *Silphium laciniatum* și *Lactuca serriola* (*L. scariola*) (Fig. 266-3; 267; 268), ale cărei frunze, în locuri expuse la lumina puternică a soarelui, se dispun meridian cu fețele verticale – din poziție etalată a limbului, perpendiculară pe acțiunea razelor soarelui, în poziție răsucită, cu marginea limbului devenită acum perpendiculară pe lumina soarelui, cu orientare pe poziția Nord-Sud (Fig. 268).

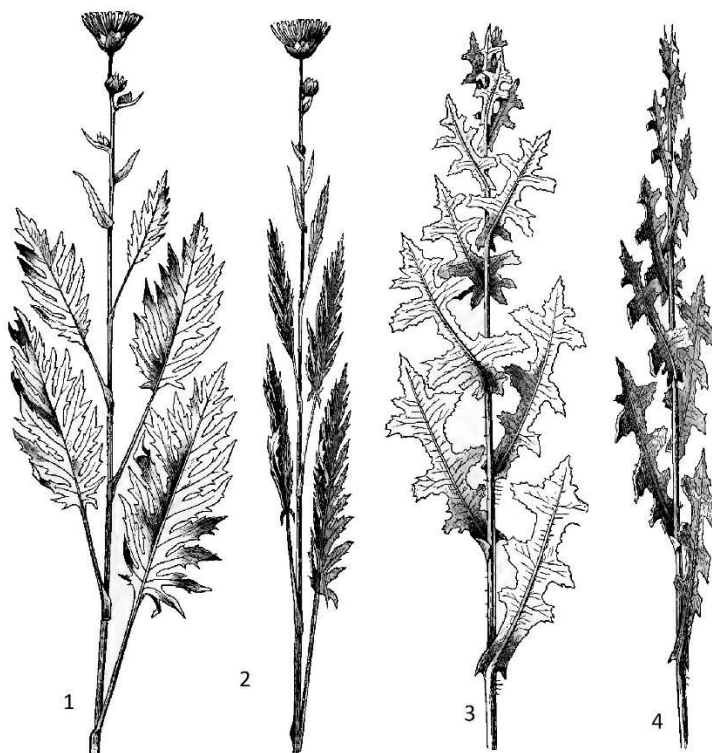


Fig. 266. „Plante-busolă”: 1 – *Silphium laciniatum*, văzută dinspre est; 2 – Aceeași plantă, văzută dinspre sud; 3 – *Lactuca scariola*, văzută dinspre est; 4 – Aceași plantă, văzută din sud; ambele specii își reduc considerabil suprafața (von Marilaun, 1902)



Fig. 267. *Lactuca serriola*, „plantă-busolă” (original)

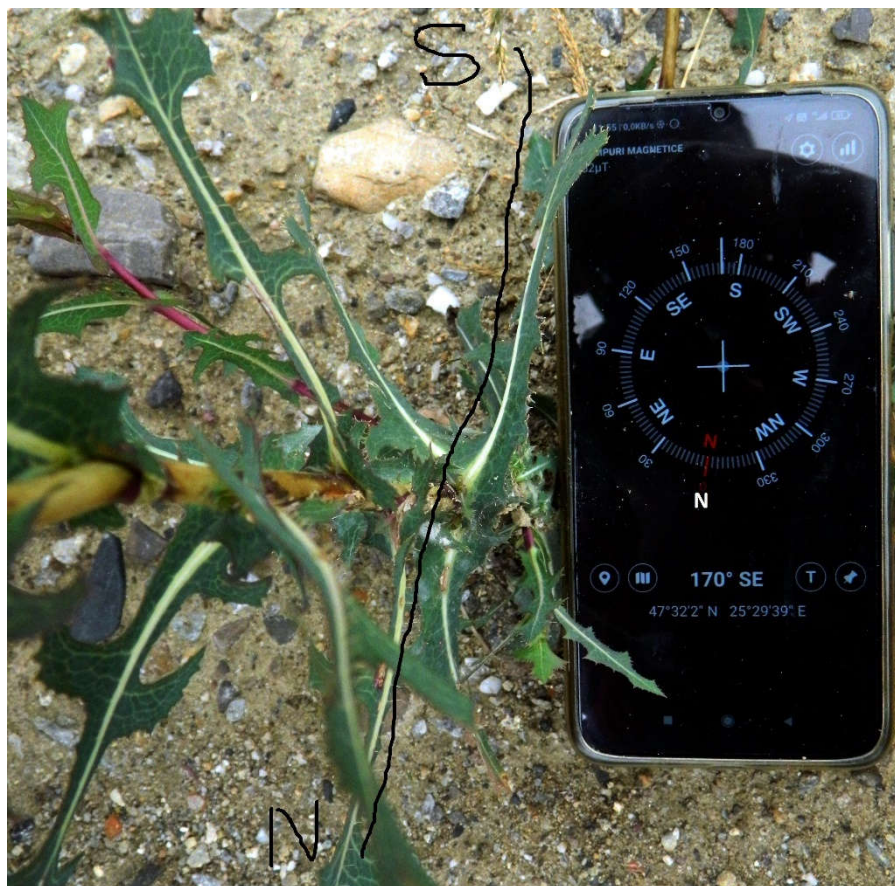


Fig. 268. *Lactuca serriola*, „plantă-busolă” (original)



Fig. 269. *Apocynum androsaemifolium*. Stânga – poziția orizontală a frunzelor noaptea sau dimineată devreme se schimbă spre amiază în verticală, protejând astfel frunzele de razele directe ale soarelui (Clements, 1907)

Frunze care își expun marginile la lumină sunt întâlnite la multe alte plante, de exemplu, la unele specii de eucalipt, specii de *Acacia* cu filodii și de *Proteaceae*, în Australia, specii de *Limonium* din Africa de Sud, *Laguncularia racemosa* în Caraibe și *Bupleurum verticale* în Spania.

Frunze cu lamine erecte sau îndreptate ascuțit în sus sunt frecvente printre xerofitele care cresc în lumina intensă a soarelui: de exemplu, la *Coccoloba uvifera*, la multe graminee (*Brachypodium ramosum*, *Festuca ovina*), *Calluna*, *Peucedanum cervaria* și *Helichrysum arenarium*; printre plantele de mlaștină, pot fi enumerate: *Iris pseudacorus*, *Narthecium ossifragum* și *Totieldia*; printre halofite, *Rhizophora* și alte specii de mangrove. Mai rar, se întâlnesc și lamine care atârnă vertical în jos.

Plantele de tip „nuia” (a se vedea descrierea tulpinilor de tip „nuia” – forma de tip *Spartium* – Fig. 144, 145) reprezintă un bun exemplu de reducere extremă a suprafeței frunzelor, combinată cu o formare de țesut verde în scoarța tulpinii. Acest grup de plante se caracterizează prin tulpini și ramuri subțiri în formă de nuia, în timp ce plantele cactiforme, dimpotrivă, au întotdeauna axele puțin ramificate și structuri caulinare masive, îngroșate, cărnoase și rigide, care nu sunt afectate de vânt.

Aceste plante pot fi împărțite în cele care sunt flexibile, goale în interior și doar puțin ramificate – cum ar fi, de exemplu, speciile de coada de calului (*Equisetum*), *Scirpus*, *Juncus*, *Schoenus* și mai multe specii de *Cyperus*; al doilea grup îl formează arbuștii asemănători cu niște mături cu ramuri lemnoase rigide care se numeroase ramuri și crenguțe. Primele sunt răspândite în întreaga lume, iar al doilea tip se găsește în principal în Australia și în zona mediteraneeană. În Australia, în principal, speciile de *Casuarina* și unele genuri de leguminoase și *Santalaceae* (*Spaerolobium*, *Viminaria*, *Leptomeria*, *Exocarpus*) iau această formă particulară, iar unele dintre ele ajung chiar și la dimensiunea arborilor. În flora mediteraneeană se observă specii și grupuri izolate din genurile *Asparagus*, *Polygala* și *Reseda* care au ramuri subțiri, rigide, în formă de nuia, fără frunze, care se extind în sus, în aer, cu scoarța verde. Mai multe plantele de tip „nuia” aparținând unor genuri de leguminoase (*Retama*, *Genista*, *Cytisus* și *Spartium*) care cresc împreună, acoperă adesea zone largi în mase dens aglomerate.

Genul *Spartium* aparține grupului de plante de tip „nuia”, dar nu este complet afil, deoarece formează frunze în formă de lance, din loc în loc, pe ramurile lungi. Acestea au o însă o importanță secundară, încât țesutul lor verde, asimilator, poate sintetiza doar o mică parte din substanțele organice necesare creșterii ulterioare a plantelor, iar această sarcină revine în principal ponderii scoarței ramurilor (tulpinilor) verzi, care prezintă, de altfel, adaptări anatomice pentru fotosinteză.

Formarea de ondulații și pliuri la nivelul limbului foliar poate juca același rol, de reglare a intensității luminoase, în vederea limitării transpirației, și devin mai frecvente cu cât climatul este mai uscat; ca exemple, pot fi menționate *Myrtus bullata* în Noua Zeelandă, *Lippia involucrata* și *Plumeria alba* în zona Caraibelor, *Salvia*,

Stachys aegyptiaca, *Pulicaria* și *Urginea undulata* în deșertul egiptean, de asemenea *Vicia cracca* în Europa.

Poziția orizontală în toate cazurile menționate mai sus se realizează prin intermediul unor torsioni, pliuri și curburi care au loc numai în timpul dezvoltării individuale; prin urmare, la toate tipurile de plante care iau formele descrise aici, întinderea orizontală a frunzelor variază în funcție de natura habitatului. Expuse la lumina soarelui, la secetă sau la vânt, frunzele devin mai erecte sau au fețele mai verticale sau devin mai zbârcite decât atunci când sunt la umbră sau într-un habitat umed; este situația genurilor și speciilor: *Calluna*, *Juniperus communis*, *Lycopodium selago* și *L. alpinum*.

Poziția orizontală ereditară se întâlnește la speciile de *Acacia* cu filodii din Australia, ale căror pețioluri lățite ca laminele au fețele verticale, dar nu au lamină. Situația este valabilă, de asemenea, pentru multe plante cu tulpini turtite (aplatizate) sau aripate sau cu frunze decurente, ca la *Baccharis triptera* din Brazilia, *Genista sagittalis*, *Muehlenbeckia platyclada*, *Carmichaelia australis* și specii de *Colletia*. Aceste forme de lăstari sunt de obicei afile, tulpina înlocuind frunzele în derularea fotosintezei.

e. Frunze cu rol protector – control al transpirației

Părțile tinere ale lăstarilor sunt de obicei protejate împotriva transpirației și a luminii intense de către frunzele mai bătrâne. Este un fenomen destul de general, ca frunzele cele mai tinere să fie protejate de cele mai bătrâne în așa-numiții muguri „deschiși”; pe de altă parte, există numeroși muguri care sunt prevăzuți cu solzi groși (catafile), cum se întâlnesc la plantele lemnoase de foioase, nu numai în țările temperate și reci, ci și, deși mai rar, la tropice. Prin producerea de suber, peri, rășină, acești solzi sunt adaptați nu numai pentru a proteja, împotriva transpirației, frunzele tinere care se „odihnesc” în muguri, ci și în timpul formării frunzelor, pentru a proteja mugurii împotriva schimbărilor de temperatură. În anumite climate, catafilele sunt rare, de exemplu, la plantele de deșert și la cele din zonele mediteraneene, unde ploile cad iarna, și la cele din pădurea tropicală.

Stipelele și tecile frunzelor (acestea din urmă, de exemplu, adăpostind inflorescențele tinere la unele specii de graminee de dune) pot îndeplini același rol, deși nu sunt strict incluse în categoria solzilor care protejează mugurii; în acest fel, stipelele membranoase ale speciilor de *Paronychia*, *Herniaria* și alte plante, acoperă părțile tinere ale lăstarilor cu un înveliș dens argintiu.

Frunzele bătrâne și resturile de frunze, în multe cazuri, acționează în același mod. Uneori, se folosește termenul de „graminee de tip tunică”, pentru a desemna acele graminee în care părțile inferioare ale frunzelor rămân atașate mult timp după ce părțile lor superioare au murit, persistând fie ca teci delimitate, bine închise, fie într-o stare macerată. Aceste „tunici” scad transpirația și depozitează apă; ele apar la graminee care cresc pe dune, stepă sau deșert, de exemplu, la *Nardus stricta*, *Andropogon villosus*, *Scirpus paradoxus*, *S. warmingii*, specii de *Aristida*. O situație

asemănătoare există și la specii de *Velloziaceae* care trăiesc pe vârfurile munților și platourile înalte ale Braziliei. La anumite specii de *Oxalis* din Africa de Sud, bulbii sunt acoperiți cu frunze construite în mod special; solzii morți ai bulbilor de *Tulipa praecox* sunt prevăzuți cu o păslă deasă de peri. Tot aici pot fi menționate pâlcurile compacte, precum cele ale „plantelor-perniță” din genurile *Raoulia* și *Azorella*, formate din lăstari strâns împachetați, dar și din resturi de lăstari; aceste pâlcuri se întâlnesc în vegetația subglaciară și, mai ales, în America de Sud și sunt adesea foarte tari (dure); în acest caz, un lăstar îl protejează pe altul, iar frunzele bătrâne le protejează pe cele tinere.

Rădăcinile multor epifite, cum ar fi specia *Conchophyllum imbricatum*, sunt protejate împotriva transpirației excesive de către frunze, care le acoperă strâns și le țin înconjurate în aer umed. Rădăcinile unor graminee care trăiesc în deșertul egiptean, de exemplu, speciile de *Aristida*, *Andropogon*, *Elionurus*, *Panicum* și *Sporobolus*, sunt înconjurate pe toată lungimea lor de un înveliș de nisip, ale cărui particule sunt lipite între ele de o substanță adezivă excretată de perii radiculari, acesta fiind, probabil, tot un mecanism posibil cu rol în controlul transpirației excesive.

f. Situații ecologice particulare ale frunzei la plante din grupul xerofitelor

1. La **oxilofite** (plante care vegetează în habitate acide – mlaștini, turbării), frunzele manifestă un caracter xeromorf (Fig. 270, 271):

a. Caracterul sclerofil al frunzelor este frecvent și se datorează grosimii pereților celulari ai epidermei, ca la *Andromeda polifolia*, *Vaccinium oxycoccos* (Fig. 270), *Vaccinium vitis-idaea* (Fig. 271) și *Ledum palustre*, și este probabil corelat cu caracterul peren al acestor frunze.



Fig. 270. *Vaccinium oxycoccos* (original)



Fig. 271. *Vaccinium vitis-idaea* (original)

- b. *Frunze de tip ericoid*. Multe plante de mlaștini acide au frunze plate și late; dar unele specii posedă frunze ericoide sau filiforme ale căror stomate sunt închise în spații izolate, astfel că vaporii de apă sunt pierduți cu greu, așa cum este cazul la *Erica tetralix*, *Empetrum*, *Calluna vulgaris*.
- c. *Frunze bilaterale*. Frunzele care își expun marginile se întâlnesc la *Iris*, *Narthecium*, *Acorus* și *Xyris*. Frunzele sunt late, aplatizate, dar pot fi, de asemenea, erecte sau îndreptate în sus, lungi și nedivizate, la *Alisma plantago*, *Sagittaria* și alte *Alismaceae*, *Butomus*, *Typha*, *Sparganium*, *Ranunculus lingua* și *Lathyrus nissolia*.
- d. *Închiderea (plierea) frunzelor*. Ciperaceele cu frunze late își pot închide frunzele, ca la *Carex goodenowii*; cu toate acestea, stomatele nu sunt limitate la fața superioară.

2. La **halofite** (plante de sărături – adaptate să vegeteze pe habitate saline – Grigore și Toma, 2020 – plus toate referințele referitoare la halofite), se pot descrie mai multe adaptări morfologice la nivelul frunzei:

- a. O adaptare morfologică marcantă este succulența frunzelor (care se traduce anatomic printr-o dezvoltare importantă a țesutului acvifer), câtă vreme, se știe, halofitele sunt un caz special de xerofite (Grigore, 2019; 2020).

- b. Printre halofite există același efort, ca la toate xerofitele, de a reduce suprafața frunzei, așa cum demonstrează frunzele care rămân mici. Experimentele lui Lésage (comentate pe larg de Grigore, 2020) demonstrează că o abundență de sare în sol face ca frunzele să fie mai mici și mai groase. Frunzele pot fi liniare și semi-circulare în secțiune transversală, ca la *Suaeda maritima*, specii de *Portulaca* și *Salsola kali*; formele spatulate și alungite sunt foarte frecvente. Frunzele prezintă rareori inciziuni, fiind de obicei întregi. Unele plante, cum ar fi *Tamarix*, prezintă frunze solzoase; altele sunt suculente, cu tulpină aproape afilă, ca la *Halocnemum*, *Arthrocnemum* și *Haloxylon*.
- c. Forma ericoidă a frunzei, cu stomatele ascunse într-un brazdă protejată de peri la fața inferioară a frunzei, caracterizează specii ca *Niederleinia juniperoides* (în stepele sărate din Argentina) și specii de *Frankenia*.
- d. Ca la multe xerofite, frunzele unor halofite adoptă un port erect, astfel încât, când razele soarelui sunt foarte puternice, acestea lovesc la unghiuri ascuțite; aceasta, precum și faptul că frunzele sunt înguste, induc ocazional o structură izolaterală a frunzei. Ca exemple, pot fi citate *Halimione portulacoides*, *Suaeda maritima*, *Sesuvium portulacastrum* și unele specii de mangrove. La *Lippia riojana* frunzele sunt turtite dorso-ventral, iar între frunză și tulpină se găsesc peri, în timp ce pe partea exterioară, asimilatoare, a frunzei există brazde adânci, prevăzute cu peri.
- e. La unele specii de mangrove, frunzele sunt groase, coriacee sau ușor cărnoase, întregi: *Sonneratia*, *Lumnitzera*, *Carapa*, *Rhizophora*, *Avicennia*, iar la altele frunzele dobândesc un profil lateral și, în consecință, au structură izolaterală: *Sonneratia*, *Lumnitzera*, *Ceriops*, *Laguncularia*.

3. La **psichrofite** (plante care sunt adaptate să vegeteze în habitate reci, polare, arctice), frunza are un caracter xeromorf, atât din punct de vedere morfologic, cât și anatomic. În ansamblu, profilul xeromorf al plantei, modelat de factorii ecologici specifici, se traduce prin lăstari pereni, veșnic verzi, foliați. Frunzele sunt coriacee, rigide și foarte lucioase (cutinizate), ca la *Loiseleuria procumbens* și *Globularia cordifolia*; sau sunt groase și suculente, ca la speciile de *Saxifraga* și *Sempervivum*, sau prezintă un strat de peri mai mult sau mai puțin dens, ca la *Rhododendron*, *Draba*, *Cerastium alpinum*, *Espeletia* și *Culcitium*. Multe specii posedă frunze de tip pinoid, juncoid sau cupressoid, sau înrulat.

4. La **psamofite** (specii care vegetează pe nisipuri, dune de nisip), în general, plantele ierboase perene, gramineele și arbuștii sunt joase, cu frunze mici și cu frunze înguste:

- a. Majoritatea gramineelor, inclusiv *Psamma*, *Triticum junceum*, *Nardus*, *Festuca ovina*, *F. rubra* f. *arenaria*, *Koeleria glauca*, au frunzele adânc brăzdate care se pot închide mai mult sau mai puțin prin înrulare; nicio specie de graminee

psamofilă nu posedă frunze late, puternic dezvoltate, de un verde strălucitor. *Elymus arenarius* are frunze late, care, totuși, sunt de culoare albastră-verde, ceroase, ca cele ale speciei *Triticum junceum*. Frunzele sunt acoperite cu ceară la *Lathyrus maritimus*, *Eryngium maritimum*, *Mertensia maritima*, *Glaucium flavum* și *Crambe maritima*.

- b. Frunzele multor plante sunt strâns întinse pe sol și multe specii își întind toți lăstarii orizontal pe suprafața nisipului, probabil din cauza condițiilor termice predominante.
- c. Plantele suculente sunt reprezentate doar de câteva specii, cum ar fi *Sedum acre*.
- d. Ca mijloc de apărare împotriva acțiunii mecanice a vântului, *Elymus arenarius* are capacitatea de a-și răsuci frunzele într-un mod arcuit, cu fața dorsală opusă vântului; această față dorsală fermă, netedă și lucioasă este prevăzută cu sclerenchim hipodermic.
- e. Protecția eficientă împotriva forței vântului este asigurată de teci mari de frunze care înglobează multă vreme inflorescențele la *Elymus arenarius*, *Weingaertneria* și alte graminee.

5. La unele plante de savană tropicală (de exemplu, „Brazilian Campo”), gramineele care formează masa principală a vegetației sunt cespitoase (cresc în tufe), iar frunzele lor sunt de obicei înguste, rigide, aspre, păroase și uneori încrustate cu ceară; unele dintre ele sunt graminee de tip „tunică” (vezi mai sus). Frunzele plantelor dicotiledonate au caractere de xeromorfoză, în special în ceea ce privește rigiditatea lor, poziția lor laterală, dimensiunile lor mici (deși multe sunt late, alungite sau obovate, sau compuse; tipurile ericoid și pinoid sunt aproape inexistente) și în ceea ce privește natura lor foarte păroasă sau, dacă sunt glabre, în învelișurile lor de ceară sau, în general, lucioase.

6. La xerofitele din ecosistemele mediteraneene, deși arbustul cu frunze veșnic verzi este forma de viață dominantă, există și alte tipuri de plante care, la nivelul frunzei, scot în evidență aspecte interesante. Unele specii, cu frunze căzătoare în condiții de uscăciune (secetă), își leapădă toate frunzele produse în timpul iernii; altele reduc activitatea frunzelor prin ofilirea sau înrularea acestora (Montenegro *et al.*, 1979), sau prin abscizia unei părți a frunzișului. Sub-arbustul *Salvia mellifera* (care vegetează în formațiunile vegetale de tip *chaparral* – ecosistem de tip mediteranean, care se găsește în SUA, în statul California) își pierde toate frunzele, cu excepția celor terminale, în timpul perioadei de secetă, dar poate menține în continuare fotosinteza netă la valori pozitive, cu excepția locurilor extrem de uscate. Sub-arbuștii mai mici sunt în cea mai mare parte chamefite cu dimorfism foliar, care își reglează pierderile de apă prin modificări sezoniere ale frunzișului (Orshan, 1972). Arbuștii cu dimorfism sezonier formează frunze mari în timpul iernii și primăverii și le înlocuiesc cu frunze mai mici în timpul verii. De obicei, frunzele mai mici sunt produse pe lăstari scurți care se dezvoltă în axilele frunzelor de-a lungul tulpinilor principale. Mugurii se formează primăvara, iar lăstarii cu frunze sunt

complet dezvoltăți până la vară. În mod normal, numai frunzele sunt înlocuite atunci când lăstarii de vară se alungesc în cele din urmă în tulpini mai lungi, dar, la unele specii, întreaga parte aeriană, formată vara, este lepădată. Reducerea suprafeței frunzelor, în acest fel, limitează pierderile de apă prin transpirație în timpul verii cu 50-76% (Orshan, 1963). Conținutul de clorofilă al frunzelor de iarnă este de 3-4 ori mai mare decât în frunzele de vară, iar ratele fotosintetice sunt în mod corespunzător mai mari. Dimorfismul sezonier este caracteristic arbuștilor cu ecomorfologie a frunzelor de tip mezofil, dar este mai puțin frecvent în rândul sclerofilelor (Westman, 1981).

III. Ecologia frunzei la plante din păduri tropicale

În cazul plantulelor, creșterea continuă este obișnuită, dar, la arborii mai bătrâni, înlocuirea frunzelor poate determina încetarea periodică a creșterii. Acest aspect este cel mai evident la speciile de foioase (frunze căzătoare) care pot rămâne fără frunze timp de câteva luni. Alte specii vor dezvolta frunze noi în același timp în care frunzele mai vechi sunt lepădate, sau vor păstra frunzele mai vechi pentru ceva timp după ce s-au dezvoltat noile frunze. Majoritatea frunzelor sunt înlocuite după 15 luni, deși au fost raportate durate de viață de 3 luni până la 3 ani. La palmieri, ferigi arborescente și conifere tropicale, extinderea continuă a lăstarilor în condiții favorabile este însoțită de formarea de noi frunze. În regiunile lipsite de un sezon uscat pronunțat, dezvoltarea frunzelor este în mod caracteristic asincronă, chiar și între indivizii de aceeași specie sau între părți diferite ale aceleiași arbore (Longman și Jenik, 1987). Chiar și în regiunile mai umede, cele mai multe frunze sunt produse după perioadele mai uscate (Fogden, 1972; Medway, 1972), iar acest lucru devine din ce în ce mai evident în pădurile sezoniere unde căderea frunzelor atinge punctul maxim în timpul perioadei uscate (Koelmeyer, 1959; Taylor, 1960). Portul (aspectul) foios al plantelor este, de asemenea, mai caracteristic speciilor din stratul superior al coronamentelor, sugerând că absciziunea (căderea) frunzelor poate fi legată de stresul hidric: unele specii cu spectru ecologic larg devin din ce în ce mai decidue în părțile cele mai uscate ale spectrului lor. Prin urmare, Medina (1983) a făcut distincția între speciile de foioase opționale și cele obligatorii, observând că unele pot rămâne fără frunze timp de 6 până la 13 luni, în funcție de intensitatea perioadei uscate. În schimb, unii arbori din Costa Rica sunt fără frunze în timpul sezonului umed (Janzen, 1975).

La multe specii, culoarea roșie a frunzelor proaspăt formate contrastează puternic cu verdele frunzișului matur; frunzele cu concentrații mari de antociani sunt roșii sau roz, altele pot fi albastre sau albe. Absorbția lungimilor de undă UV de către antociani și fenolii pot proteja frunzele tinere de radiațiile cu unde scurte distructive (Lee și Lowry, 1980); la frunzele mai bătrâne, protecția este asigurată de capacitatea de reflectare ridicată a cuticulei și de dezvoltarea spațiilor intercelulare (Allen *et al.*, 1973). Creșterea frunzelor este destul de rapidă, iar frunzele nou formate și etalate pot rămâne moi câteva zile până când se dezvoltă țesuturi mecanice. Frunzele au în

general 7-13 cm lungime, de formă oarecum eliptică, și de tip întreg, sclerofil. Ele devin progresiv mai mici la altitudini mai mari (Dolph și Dilcher, 1980). Frunzele arborilor din stratul al doilea dezvoltă adesea un vârf de picurare (vezi Fig. 265) extins care permite apei să se scurgă rapid de pe suprafața frunzei. Acest lucru poate crește eficiența fotosintetică a frunzei prin creșterea absorbției luminii și a ratelor de transpirație, sau prin descurajarea creșterii algelor epifile și a lichenilor epifili (care cresc deci pe suprafața frunzei) (Richards, 1952). Frunzele sunt mai mici, mai pieiloase ca textură și au vârfuri de picurare mai puțin pronunțate în arborii mai înalți, deși aceste caracteristici xeromorfe se dezvoltă de obicei numai după ce indivizii au crescut dincolo de stadiul juvenil. Catafilele mugurilor sunt în general slab dezvoltate, fiind înlocuite cu stipele, peri sau secreții mucilaginoase care pot reduce uscarea sau pot descuraja prădătorismul erbivorelor.

Diferitele tipuri de frunze din pădurile tropicale pot rezulta din creșterea stresului hidric în coronamentul superior, cauzat de o insolație crescută, vânturi mai puternice și secetă periodică (Roth, 1984). Cu toate acestea, frunzele nu sunt deosebit de rezistente la secetă (Reich și Borchert, 1988), iar, în zonele care sunt supuse perioadelor periodice de secetă, tendința este ca acestea să fie lepădate (Frankie *et al.*, 1974). Prin urmare, se pare că aspectul (morfologia și anatomia) sclerofil al frunzei este, mai degrabă, o adaptare la deficiențele de nutrienți din sol, decât la secetă.

Frunzele compuse sunt de obicei asociate cu specii care vegetează în regiuni uscate; cu toate acestea, sunt comune și în coronamentul pădurilor tropicale (Givnish, 1978). În pădurea tropicală stratificată, din Ecuador, de exemplu, 36% dintre specii au frunze compuse, comparativ cu valoarea de 9% în rândul speciilor din pădurile montane învecinate (Grubb *et al.*, 1963).

IV. Ecologia frunzei la plantele acvatice

Plantele acvatice formează un grup ecologic deosebit, care prezintă adaptări morfologice (dar și anatomice) particulare la nivelul tuturor organelor; practic, toate cele trei organe vegetative ale plantei (rădăcina – mai ales, de exemplu, în cazul speciilor de mangrove –, tulpina, frunza) pot să existe fizic atât în mediul aerian (atmosferic), cât și în cel acvatic, în cel din urmă caz situația fiind ceva mai complexă, deoarece relația cu apa poate presupune condiții de submersie (organe care se află complet scufundate sub apă), dar și de plutire la suprafața apei (organe natante). Toate aceste condiții ecologice induc trăsături morfologice, anatomice, dar și funcționale particulare, care deschid – poate la plantele acvatice mai mult decât la oricare alt grup ecologic – posibilitatea unor nuanțări speciale impuse de variabilitatea și inconstanța unor factori de mediu; de exemplu, prezența apei poate avea un caracter temporar, iar unele organe ale plantei pierd, în aceste condiții, contactul cu apa); existența unui dimorfism (sau polimorfism) foliar (heterofilie); absența rădăcinilor.

În linii mari, trebuie reținut că însăși definiția plantelor acvatice și clasificarea acestora – complicată implicit atunci când se bazează pe relația organelor cu apa – sunt problematice și controversate, prin urmare, neexistând o definiție sau un sistem de clasificare unice.

Revenind la frunză, trebuie spus că dependența formei frunzei (și parțial forma tulpinii) de mediu este deosebit de marcantă la plantele acvatice. Există mai multe tipuri de formă de frunze descrise la plantele acvatice:

1. Frunza plutitoare (natantă).
2. Scufundată (submersă), care, la rândul ei, poate fi clasificată în mai multe tipuri, corespunzătoare unui gen reprezentativ:
 - a. Tipul zosteroid (*Zostera*);
 - b. Tipul elodoid (*Elodea*);
 - c. Tipul isoetoid (*Isoetes*);
 - d. Tipul myriofiloid (*Myriophyllum*).

Tipurile submerse se împart în două grupe: cea care includ frunze foarte fin segmentate, care apar în principal la dicotiledonate (tipul 2 d) și un grup care include în esență frunze lungi și liniare (tipurile 2a, 2b, 2c).

1. Frunza plutitoare (natantă) se găsește mai ales la plantele din asociații din golfuri calme sau la adăpostul mlaștinilor cu stuf. Acest tip se găsește la *Nymphaea* (Fig. 273; 275), *Nuphar* (Fig. 272), *Nelumbo* (Fig. 274) *Cabomba* (Fig. 276B), *Brasenia* (Fig. 276A), *Limnanthemum* (*Nymphoides* – Fig. 277), *Hydrocleys* (Fig. 278), *Elisma*, *Ranunculus*, *Trapa* (Fig. 279), *Calhtriche*, specii de *Potamogeton* (*P. natans* – Fig. 280), *Polygonum amphibium* și alte genuri cu aceeași formă generală. Frunza este lată (orbiculară, ovată, cordată, reniformă, rombică sau eliptică, rar lanceolată), nedivizată și întreagă, rar crenată sau incizată (ca la *Trapa* și *Ranunculus*), relativ groasă și dură (coriacee), uneori fiind întărită mecanic sau având marginea îndoită în sus, foarte bine adaptată să stea pe apă și să reziste mișcărilor acesteia. Frunzele gigantice plutitoare de *Victoria regia* (*V. regia*, *V. amazonica* – Fig. 282-286), *Euryale ferox* (Fig. 287-289) sunt, în plus, întărite de niște coaste solide localizate la fața inferioară a frunzei (Fig. 287).

Victoria amazonica este cea mai mare specie din familia *Nymphaeaceae*, crește în America de Sud tropicală (bazinul Amazonului), are frunze natante foarte mari, de până la 3 metri în diametru, și un pețiol foarte lung, de circa 7-8 metri; datorită acestor trăsături, corelate cu exotismul habitatelor în care a fost inițial observată, a provocat o adevărată fascinație în rândul botaniștilor, exploratorilor, dar, mai ales, în rândul publicului larg (Fig. 284).

Iată descrierea făcută acestei specii de Robert Hermann Schomburgk (1804-1865), explorator german, într-o scrisoare trimisă Societății Botanice din Londra, în data de 11 mai 1837, cu două ilustrații publicate ulterior, în 1838, în *The Penny Magazine* (Fig. 284, 285). „La 1 ianuarie a acestui an [1837], în timp ce ne confruntam cu dificultățile pe care natura ni le-a pus, în diferite forme, în calea înaintării noastre în sus pe râul Berbice [estul Guyanei], am ajuns într-un punct în

care râul s-a extins și a format un bazin fără curenți; mi-a atras atenția un obiect de la extremitatea sudică a acestui bazin; era imposibil să-mi fac vreo idee despre ceea ce ar putea fi și, însuflețind echipajul să mărească ritmul vâslirii, ne aflam la scurt timp după aceea în fața obiectului care îmi trezise curiozitatea – o minune de plantă! Toate greutatețile fuseseră uitate: m-am simțit ca un botanist și m-am simțit răsplătit. O frunză gigantică, de la cinci până la șase picioare [1,5 m-1,8 m] în diametru, în formă de tavă, cu o margine largă, verde deschis deasupra, și purpuriu-viu dedesubt, sprijinită pe apă: aproape la fel de minunată, în înfățișare, ca frunza, era și floarea luxuriantă, constând din mai multe sute de petale, trecând în nuanțe alternative, de la alb pur, la trandafirii și roz. Apa netedă era acoperită cu ele; am vâslit de la una la alta și am observat mereu ceva nou de admirat.”

Frunza plutitoare este adaptată pentru a transpira și, astfel, asigură tranziția către plantele terestre.

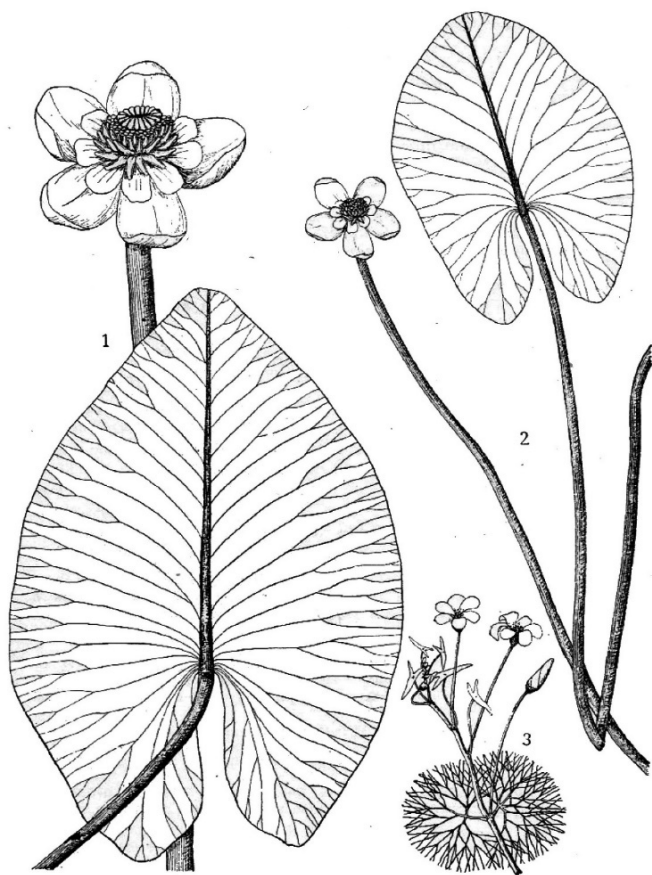


Fig. 272. 1 – *Nuphar luteum*; 2 – *Nuphar luteum* var. *tenellum*; 3 – *Cabomba caroliniana* – se observă dimorfismul foliar: frunzele submerse sunt laciniate, cele plutitoare, care apar în timpul înfloririi, au limb sagitat (Flora R.P.R., vol. 3, 1955)

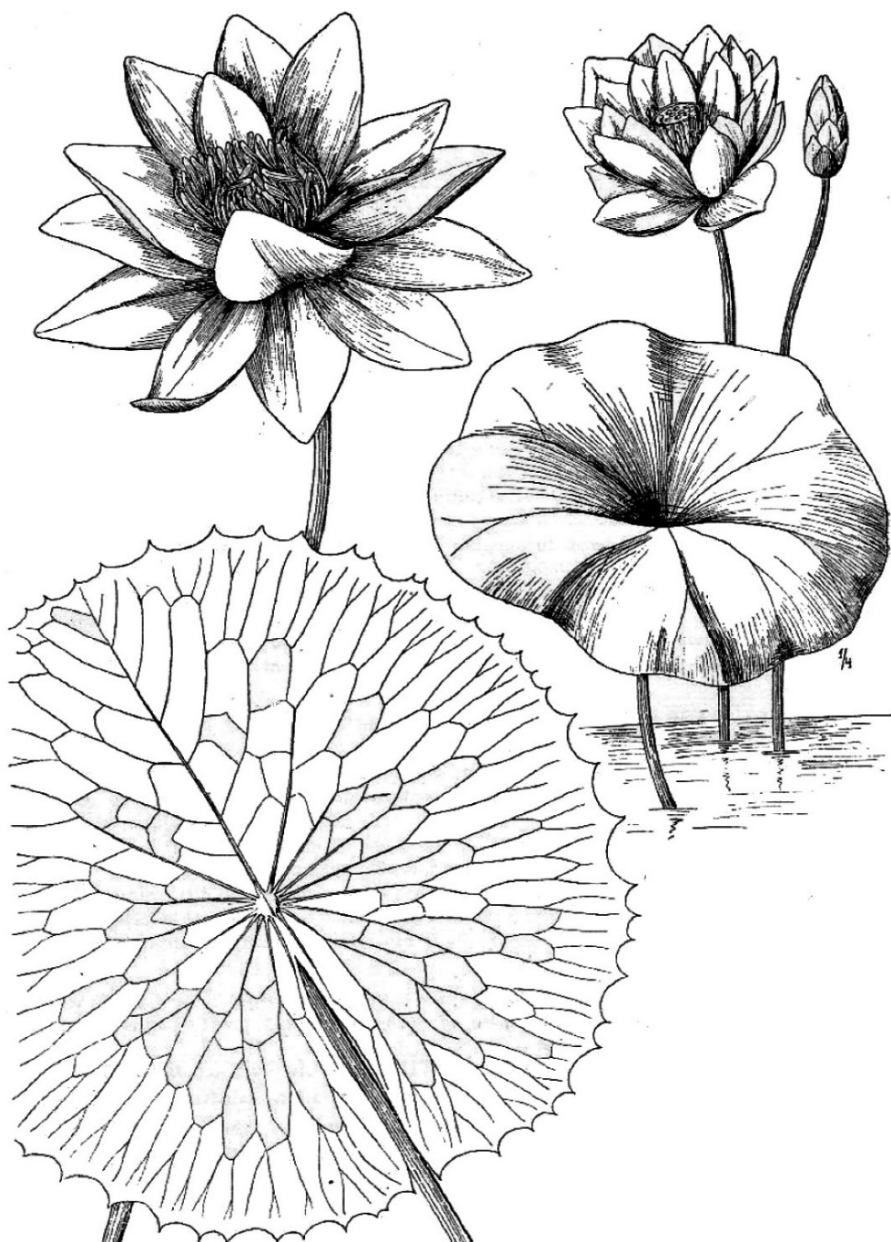


Fig. 273. *Nymphaea lotus* var. *thermalis* (stânga); *Nelumbo nucifera* (dreapta) – primele frunze sunt plutitoare, trecătoare (neilustrate pe figură), urmate de cele aeriene cu limbul peltat (Flora R.P.R., vol. 3, 1955)

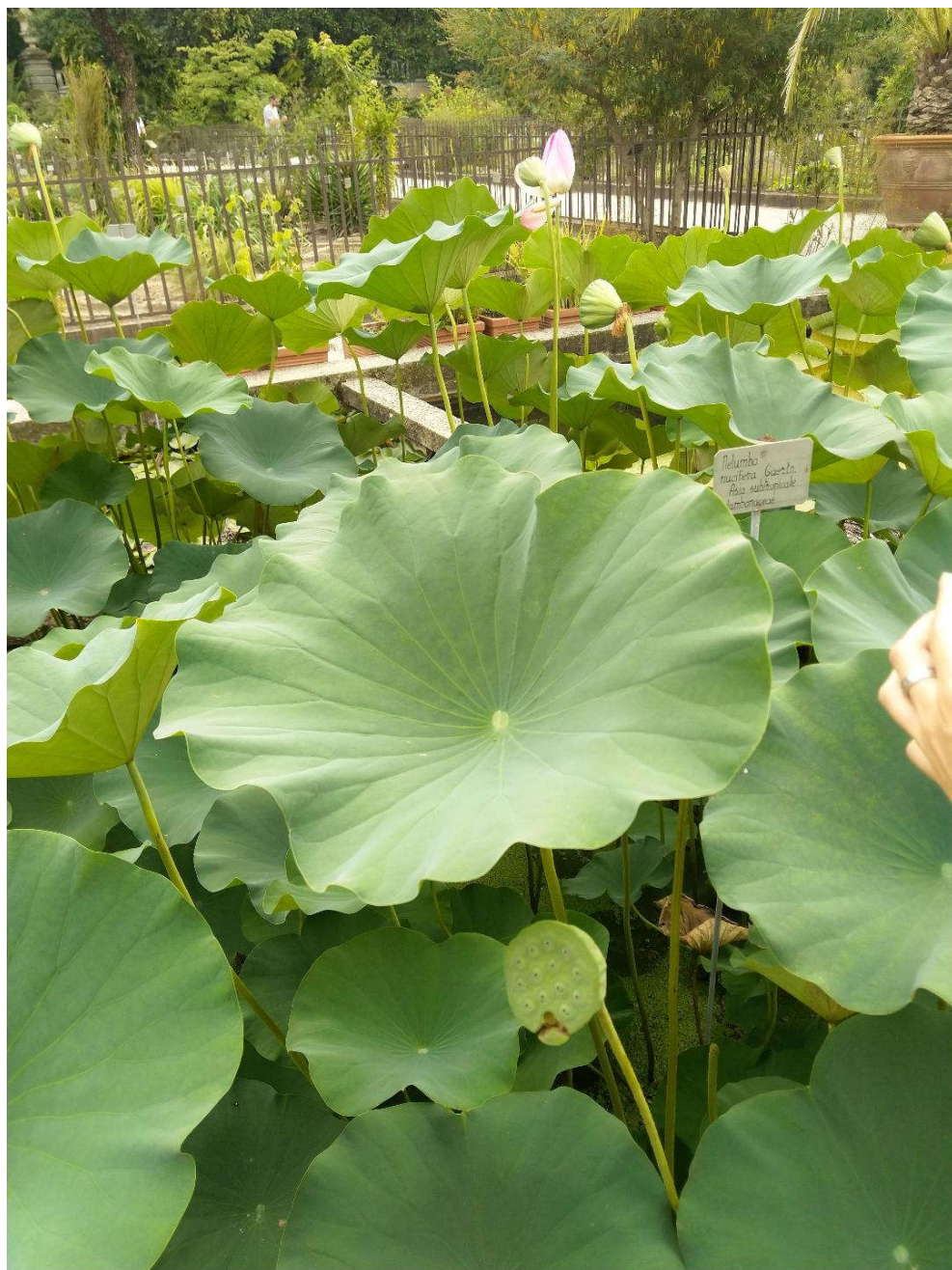


Fig. 274. *Nelumbo nucifera* – Grădina Botanică din Padova (foto original);
se observă, în centru, jos, și fructul



Fig. 275. *Nymphaea alba* (stânga); *N. alba* var. *minoriflora* (dreapta) (Flora R.P.R., vol. 3, 1955); atenție la etimologia numelui varietății: *floris*, lat. – floare; *minor*, lat. – mic, deci varietate cu flori mici

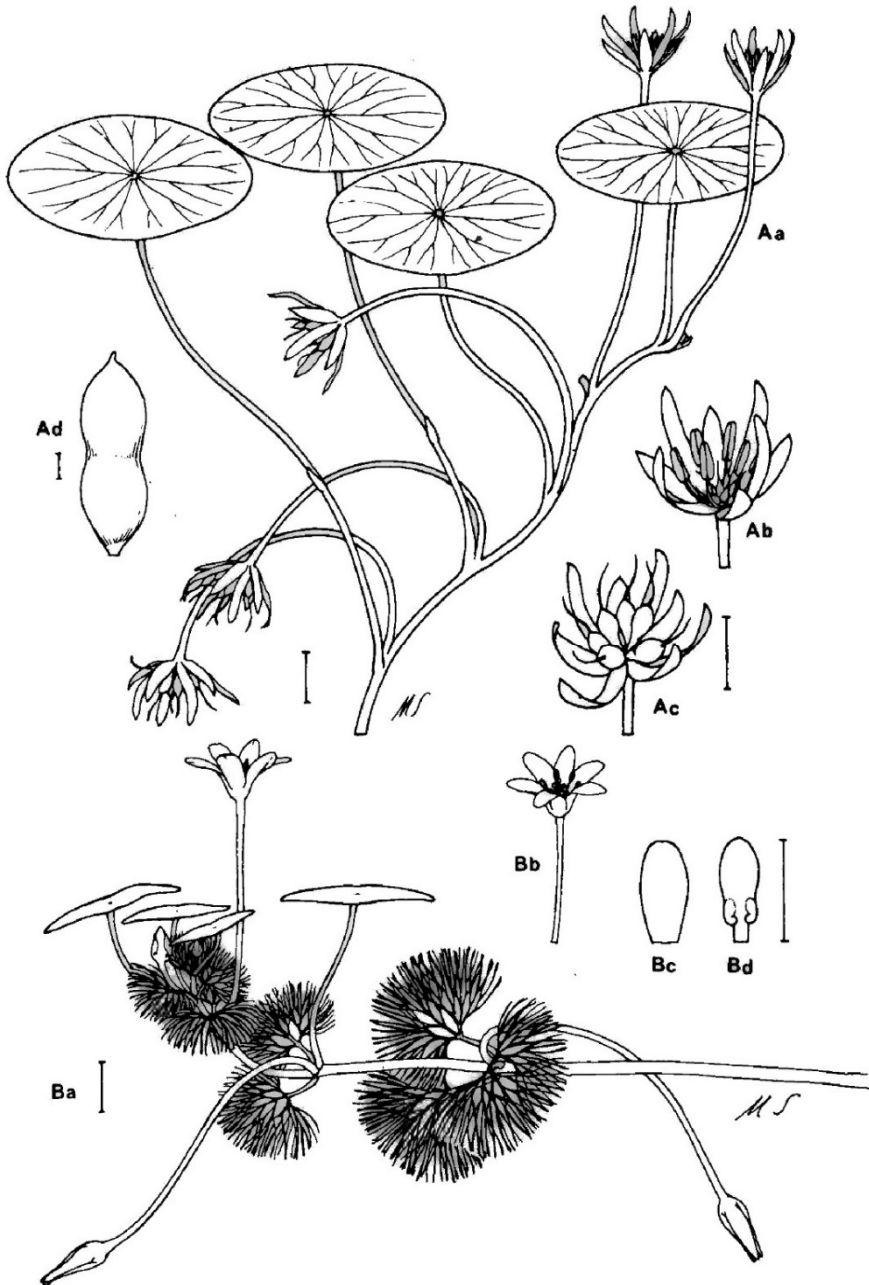


Fig. 276. A – *Brasenia schreberi*: a, aspect general (1 cm); b, floare; c, capăt fructifer (1 cm); d, nuculă (1 mm); B – *Cabomba piauihyensis*: a, aspect general (1 cm); b, floare; c, petală exterioară; d, petală interioară (1 cm) (Cook *et al.*, 1974)



Fig. 277. *Nymphoides (Limnanthemum) peltata* (Flora R.P.R., vol. 8, 1961)

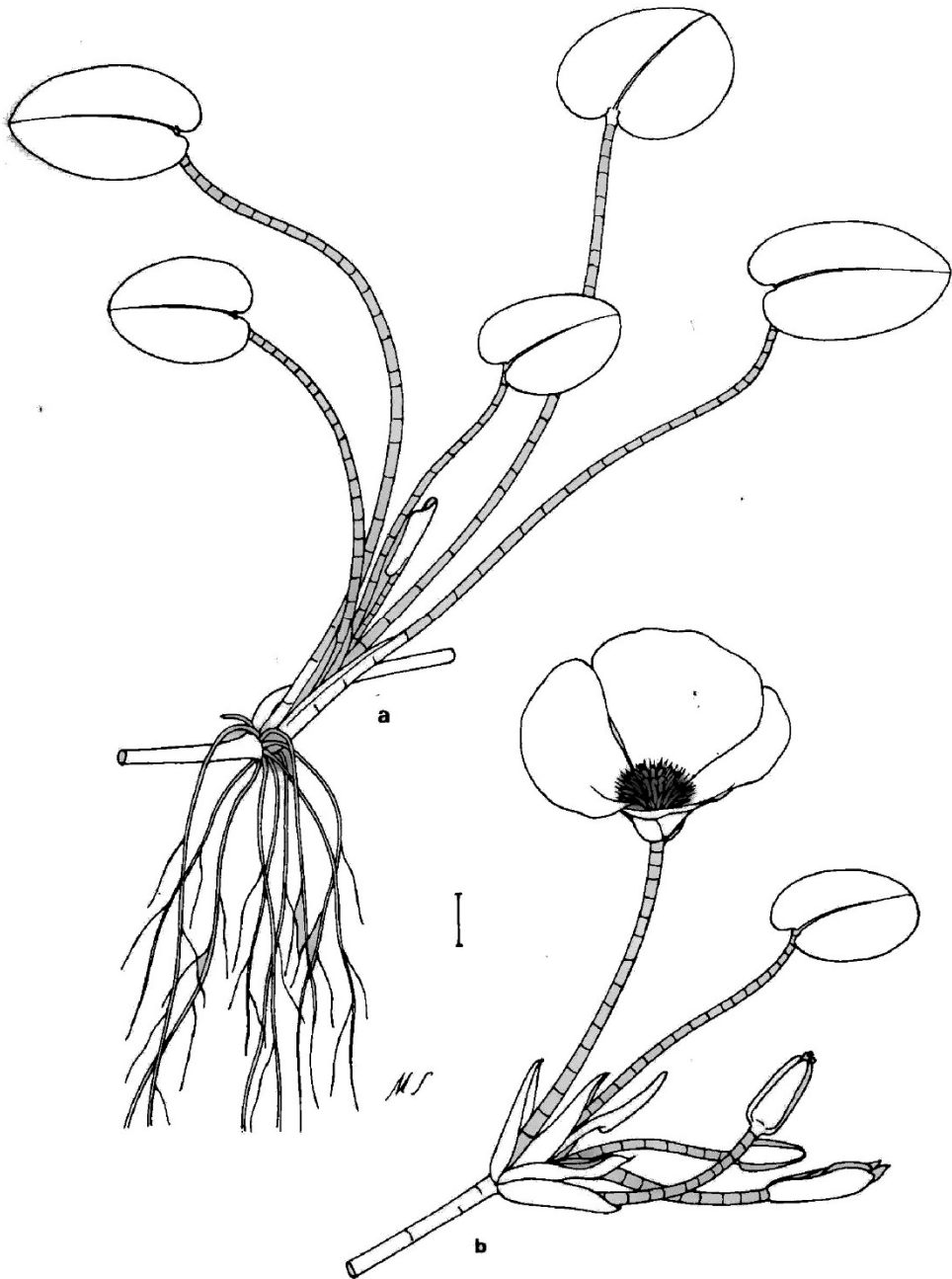


Fig. 278. *Hydrocleis nymphoides*: a – aspect general; b – inflorescență (Cook *et al.*, 1974)

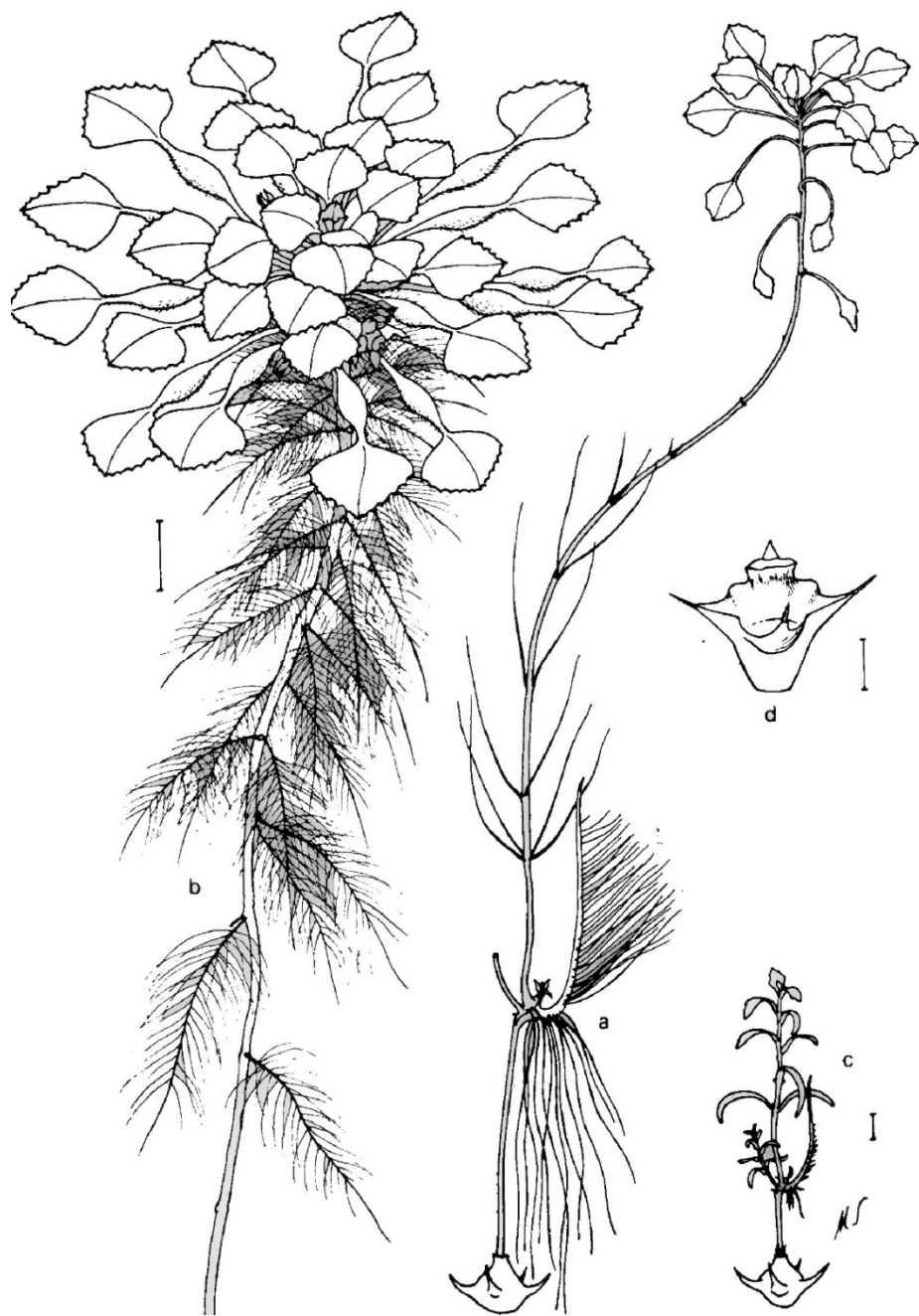


Fig. 279. *Trapa natans*: a – plantă tânără; b – plantă matură (2 cm); c – plantulă (1 cm); d – fruct (1 cm) (Cook *et al.*, 1974)



Fig. 280. *Potamogeton natans* (Flora R.P.R., vol. 11, 1966)

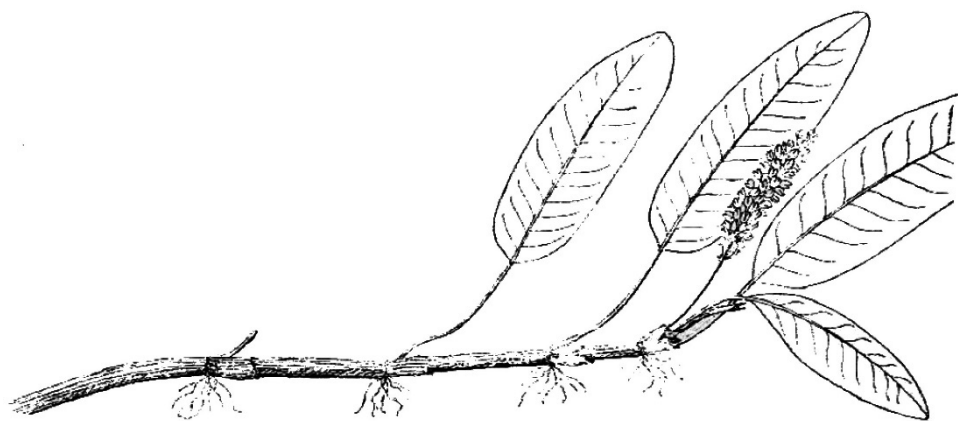


Fig. 281. *Polygonum amphibium* f. *aquaticum* (Flora R.P.R., vol. 1, 1952)

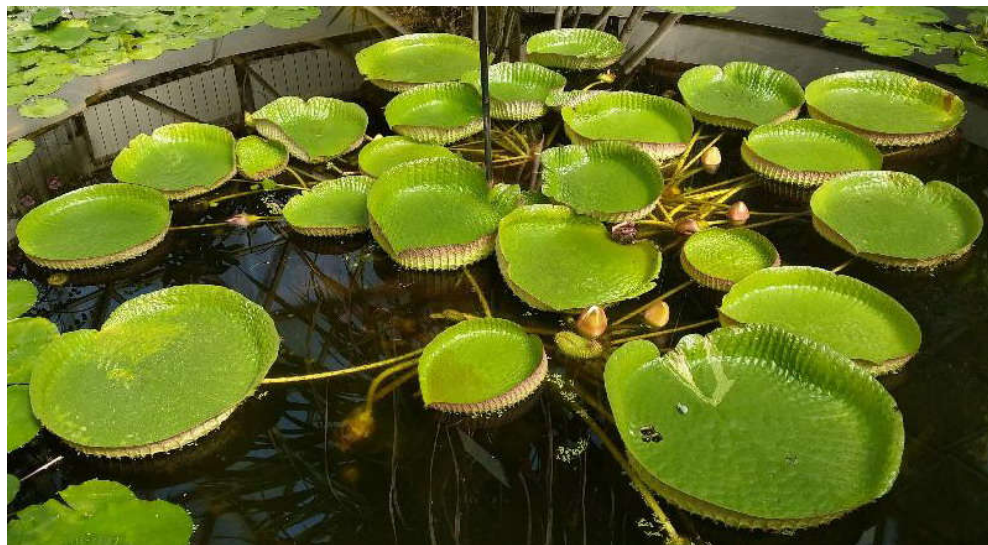


Fig. 282. *Victoria amazonica* – Grădina Botanică Jibou, jud. Sălaj (foto original)



Fig. 283. *Victoria amazonica* – Grădina Botanică din Padova, Italia (foto original)



Fig. 284. *Victoria amazonica* (*V. regia*) – ilustrare romanțată a speciei, caracteristică epocii victoriene (Robert Hermann Schomburgk, explorator de origine germană – ilustrație publicată în The Penny Magazine, 1838)

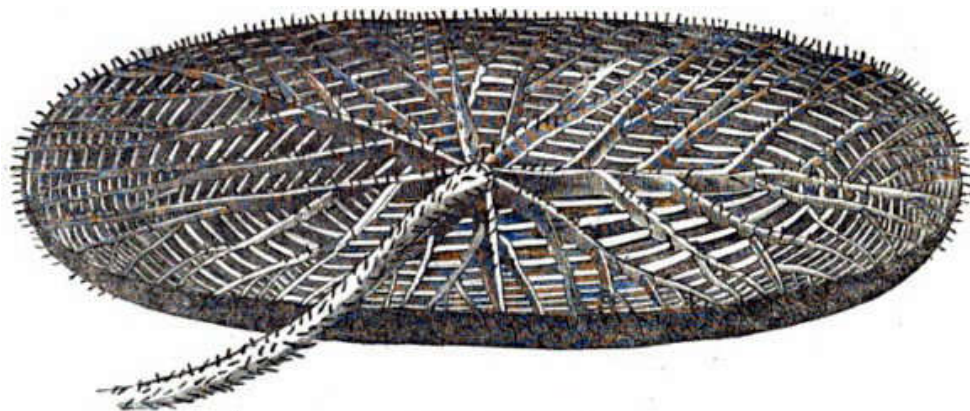


Fig. 285. *Victoria amazonica* (*V. regia*) – aspectul feței inferioare a frunzei (Robert Hermann Schomburgk, explorator de origine germană – ilustrație publicată în The Penny Magazine, 1838)

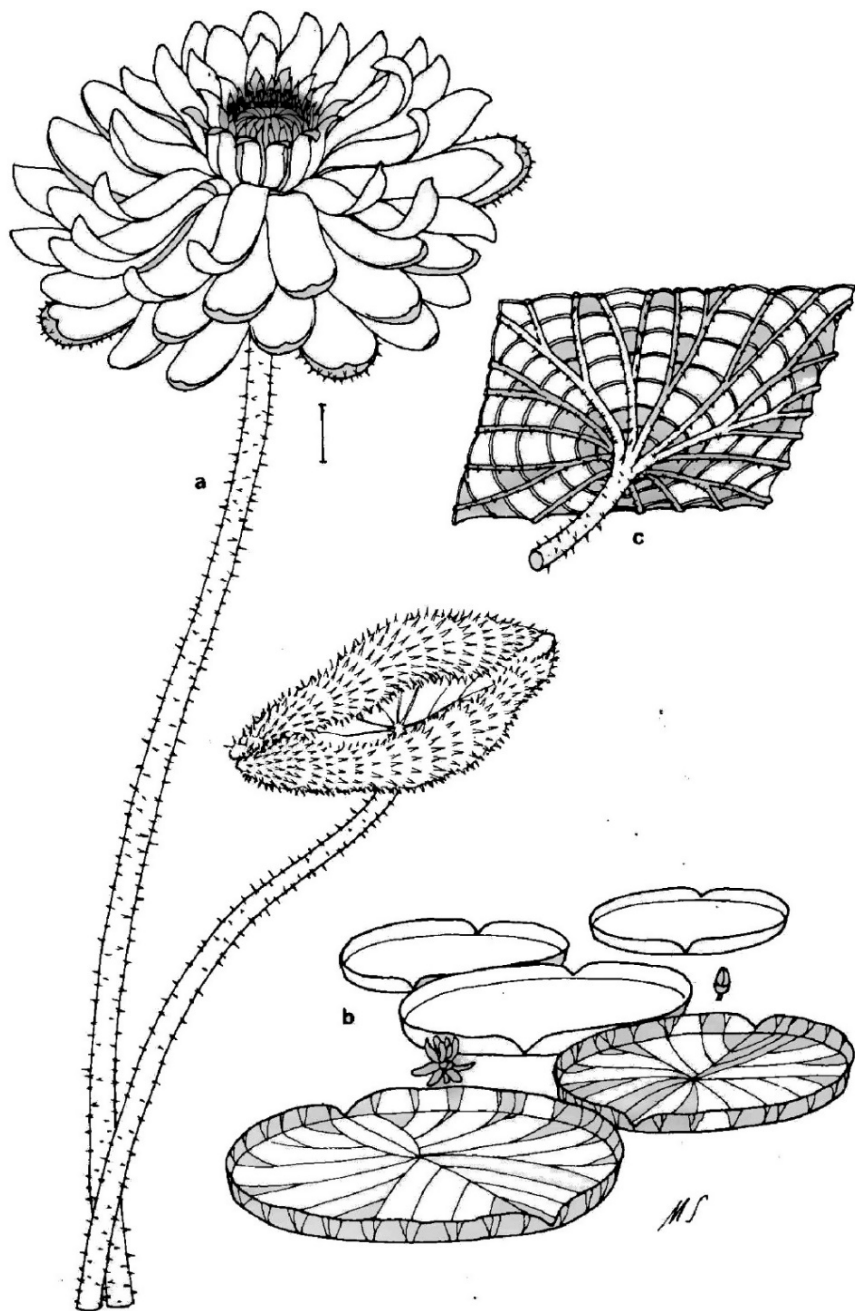


Fig. 286. *Victoria amazonica*: a – floare și frunză tânără (3 cm); b – aspect general; c – fața inferioară a frunzei (Cook *et al.*, 1974)



Fig. 287. *Euryale ferox*; pe fundal, frunză natantă, văzută la fața inferioară, cu întăriturile caracteristice; în dreapta se observă o frunză natantă, tânără, incomplet extinsă (van Houtte, 1852-1853)

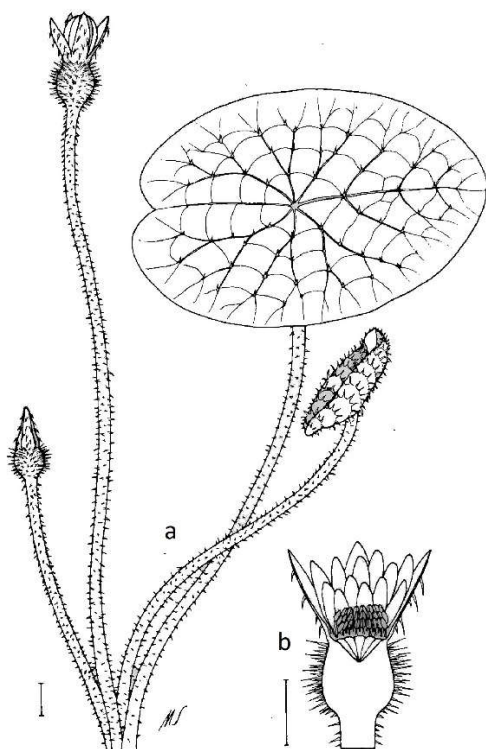


Fig. 288. *Euryale ferox*: a – frunze și flori (1 cm); b – secțiune longitudinală prin floare (1 cm) (Cook *et al.*, 1974)



Fig. 289. *Euryale ferox* – Grădina Botanică din Padova, Italia (foto original)

Stomatele apar numai – sau în principal – pe fața superioară a frunzei, a cărei epidermă nu conține clorofilă; sunt protejate împotriva inundării cu apă prin depunerea de ceară în sau pe cuticulă, care devine astfel neumectabilă. Acest strat de ceară conferă adesea un aspect lucios sau albicios feței superioare a frunzei.

Lamina frunzei plutitoare are structură dorso-ventrală, prezentând țesut palisadic la fața superioară și parenchim lacunos la fața inferioară. Țepii pot fi prezenți la fața inferioară a laminei și pe tulpină, la *Victoria* și *Euryale*.

Pețiolul frunzei plutitoare are capacitatea de a se regla în funcție de adâncimea apei, în așa fel încât creșterea acestuia încetează atunci când lamina vine în contact cu atmosfera.

Unele specii acvatice sunt heterofile, având nu numai frunze plutitoare, ci și frunze submerse, de formă diferită. Se pare că frunzele plutitoare la *Ranunculus* și *Cabomba* apar doar atunci când planta este pe cale să înflorească, astfel încât să poată servi special pentru ridicarea florii deasupra apei.

2. Frunza submersă (scufundată) diferă atât morfologic, cât și anatomic (în special în ceea ce privește epiderma și clorenchimul) de frunza plutitoare:

a. *Tipul zosteroid (Zostera)*, sau frunza sub formă de panglică, apare în general la plantele acvatice marine, dar se întâlnește și la *Vallisneria*, *Sparganium*,

specii de *Potamogeton* (Fig. 290, 291). Se pare că această formă de frunze este adaptată la apa adâncă sau curgătoare, dar poate fi întâlnit și la plante de mlaștină, printre care *Alisma plantago*, *Sagittaria sagittifolia*, *Echinodorus ranunculoides* și specii de *Sparganium*, dacă acestea sunt nevoite să crească în astfel de ape. Forme similare de frunze sunt întâlnite în aceleași condiții la *Scirpus lacustris* și *Potamogeton natans*, care prezintă frunze „curgătoare” lungi de o jumătate de metru.



Fig. 290. *Zostera marina* (1) și *Z. nana* (2) (Flora R.S.R., 1966, vol. 11)

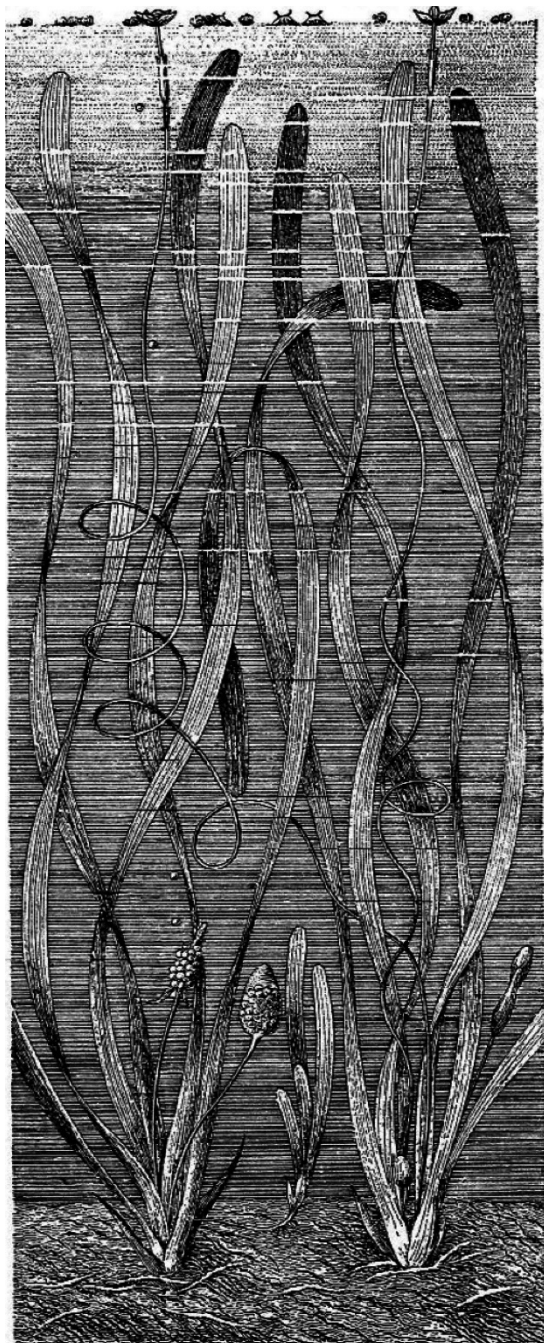


Fig. 291. *Vallisneria spiralis* (Flora R.S.R., 1966, vol.11)

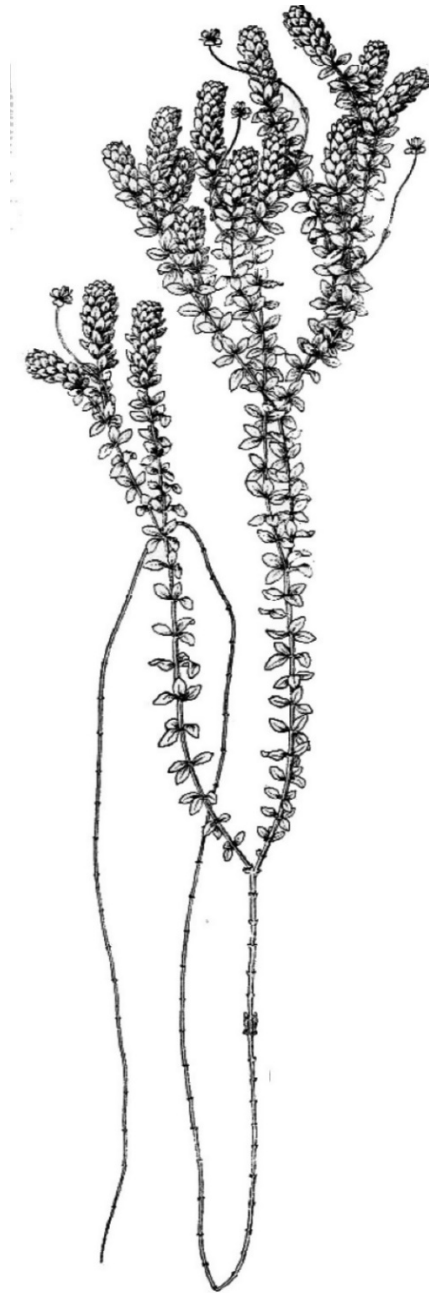


Fig. 292. *Elodea canadensis* (Flora R.S.R., 1966, vol. 11)



Fig. 293. *Potamogeton pusillus* (Flora R.S.R., 1966, vol. 11)



Fig. 294. *Hippuris vulgaris* (Flora R.P.R., 1957, vol. 5)

b. *Tipul elodoid (Elodea)* – frunza este îngustă, liniară, nedivizată, lată, sesilă, și scurtă (Fig. 292-294), este frecventă și se întâlnește la *Elodea*, *Potamogeton densus*, *P. obtusifolius*, *P. pusillus* și alte specii, *Hippuris*, *Zannichellia*, *Callitriche autumnalis* și alte specii, și *Najas*. În această categorie pot fi incluse și frunzele mușchilor acvatici. Forme mai largi de frunze sunt întâlnite la alte specii de *Potamogeton*.

c. *Tipul isoetoid (Isoetes)* – frunza este liniară, nedivizată, circulară în secțiune transversală, adesea tubulară și sesilă (Fig. 295, 296) și apare la *Pilularia*, *Isoetes*, *Lobelia dortmanna*, *Littorella lacustris* (*L. uniflora* – în flora României) și altele, majoritatea fiind plante de tip rozetă.

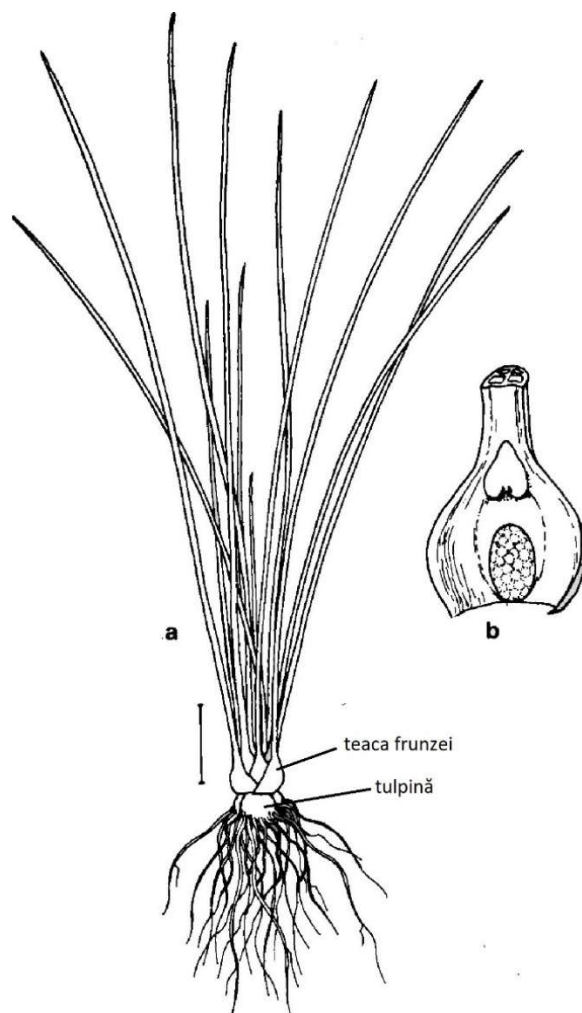


Fig. 295. *Isoetes setacea*, ferigă acvatică; a – aspect general (2 cm); b – fața adaxială a bazei (tecii) frunzei (Cook *et al.*, 1974)

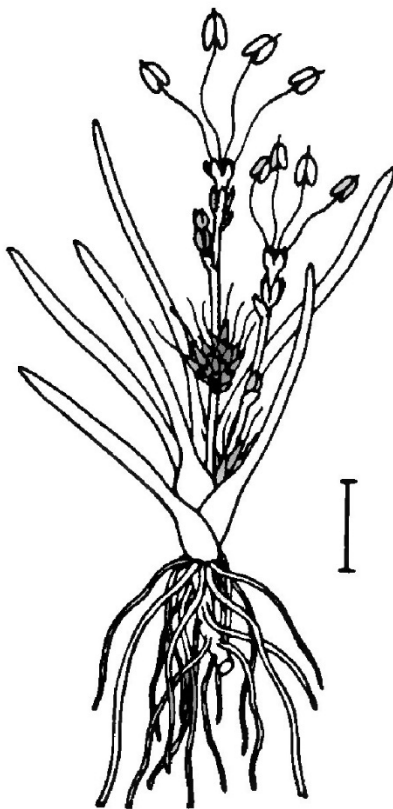


Fig. 296. *Littorella australis* (Cook et al., 1974)

Devine clar că cele două tipuri de frunze, sensibil similare, tocmai descrise, sunt, cel puțin parțial, rezultatul acțiunii apei, atunci când se observă comportamentul unor specii ca *Juncus supinus*, *Hippuris vulgaris*, *Elatine alsinastrum*, *Isoëtes lacustris*, *Pilularia* și alte plante care iau forme terestre și acvatice; frunzele submerse sunt mult mai lungi, mai flasce decât frunzele subaeriene.

d. *Tipul myriofiloid (Myriophyllum)*. Frunza miriofiloidă sau frunza segmentată în segmente filiforme sau liniare (Fig. 297) este foarte răspândită, întâlnindu-se la *Myriophyllum*, *Heliosciadium inundatum*, *Batrachium* și *Cabomba*, precum la anumite plante de mlaștină, inclusiv *Oenanthe phellandrium*, *O. fistulosa* și *Sium latifolium*, când acestea cresc în ape mai adânci. Înrudită cu acest tip de frunză este frunza fenestrată la *Aponogeton (Ouvirandra) fenestralis* (Fig. 298). Se pare că adâncimea inciziilor și finețea segmentelor se datorează influenței mediului (adâncimea apei, rezistența la curgerea ei); când lăstarii ajung la suprafață, apar frunze plutitoare, ca la unele specii de *Batrachium (Ranunculus)*, sau frunze cu segmente mai scurte, mai largi, mai groase, mai ales când lăstarii ies în afara apei ca

la *Myriophyllum*. Cauza fiziologică a acestei diferențe probabil are legătură cu alungirea datorată iluminării scăzute și transpirației. Frunzele fin divizate sunt bine adaptate la condițiile de mediu, deoarece suprafața lor este astfel relativ mărită și, în consecință, este facilitată absorbția nutrienților și a oxigenului. Mișcările apei cu greu ar permite existența unei suprafețe foliare mai mari.

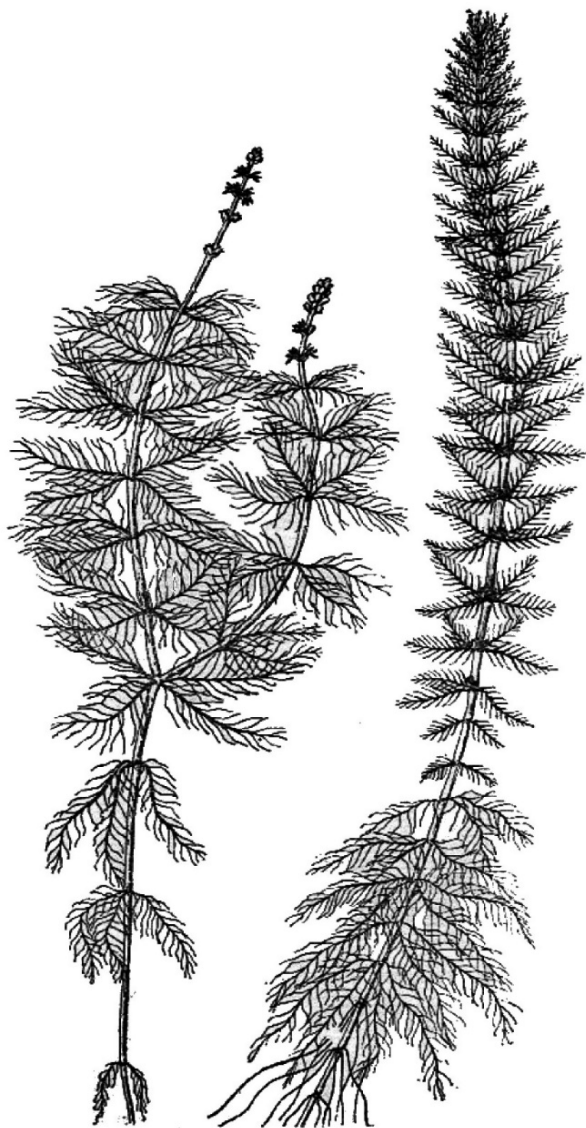


Fig. 297. *Myriophyllum spicatum* (stânga); *M. verticillatum* (dreapta)
(Flora R.P.R., vol. 5, 1957)

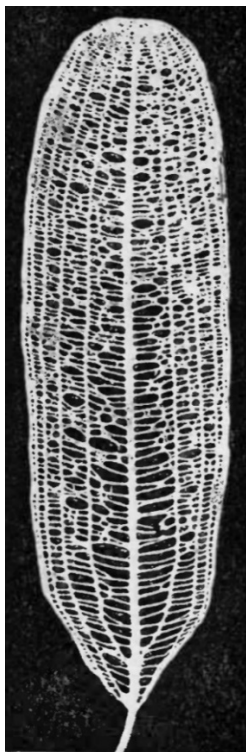


Fig. 298. *Ouvirandra fenestralis* (Serguéeff, 1907)

Heterofilia la plantele acvatic

Am menționat deja fenomenul de heterofilie ca o variație în cadrul dispoziției frunzelor pe tulpină; am enunțat valoarea ecologică a acestui fenomen la plantele acvatic.

În zonele de-a lungul malurilor lacurilor, pâraielor sau zonelor umede, în general, unde inundațiile alternează regulat cu perioade de uscăciune, multe plante pot crește atât ca plante submerse (scufundate), cât și ca plante emergente în mediul aerian (acestea sunt numite uneori plante „amfibii”). În aceste condiții de mediu, unele specii formează frunze de formă diferită, în condiții de submersie, și în condiții expuse aerului atmosferic. În acest caz, heterofilia permite plantelor să supraviețuiască atât în condiții uscate, cât și în stare submersă și poate oferi plantelor cu heterofilie un avantaj competitiv față de plantele scufundate, care nu pot supraviețui în afara apei, dar și plantelor emergente cu o toleranță scăzută la scufundarea continuă.

Multe plante acvatic heterofile au frunze emergente ovate, eliptice sau rotunjite, în timp ce frunzele lor scufundate sunt mai lungi, în formă de panglică, cu o diferențiere mică sau absentă a laminei (Fig. 299, 300).

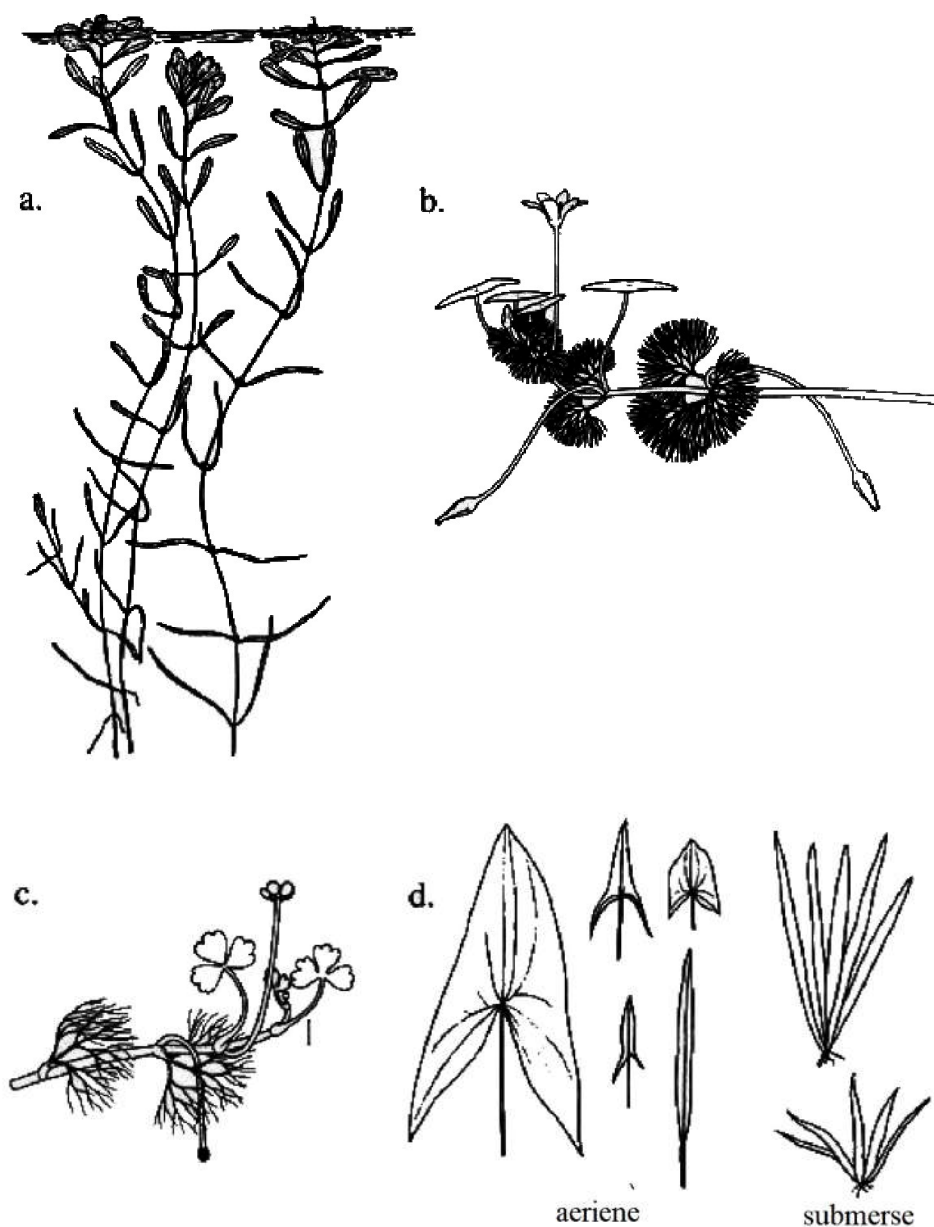


Fig. 299. Heterofilie la plante acvatice; a – *Callitriche palustris* (frunze subțiri, în formă de panglică, în adâncime; frunze mai rotunjite, spatulate, la suprafață); b – *Cabomba furcata* (frunze puternic divizate submerse, frunze întregi, natante); c – *Ranunculus peltatus* ssp. *baudotii* (frunze divizate sub nivelul apei, frunze întregi natante); d – *Sagittaria cuneata* (frunze submerse în formă de panglică, frunze aeriene sagitate sau înguste) (Fassett, 1957; Hotchkiss, 1972)

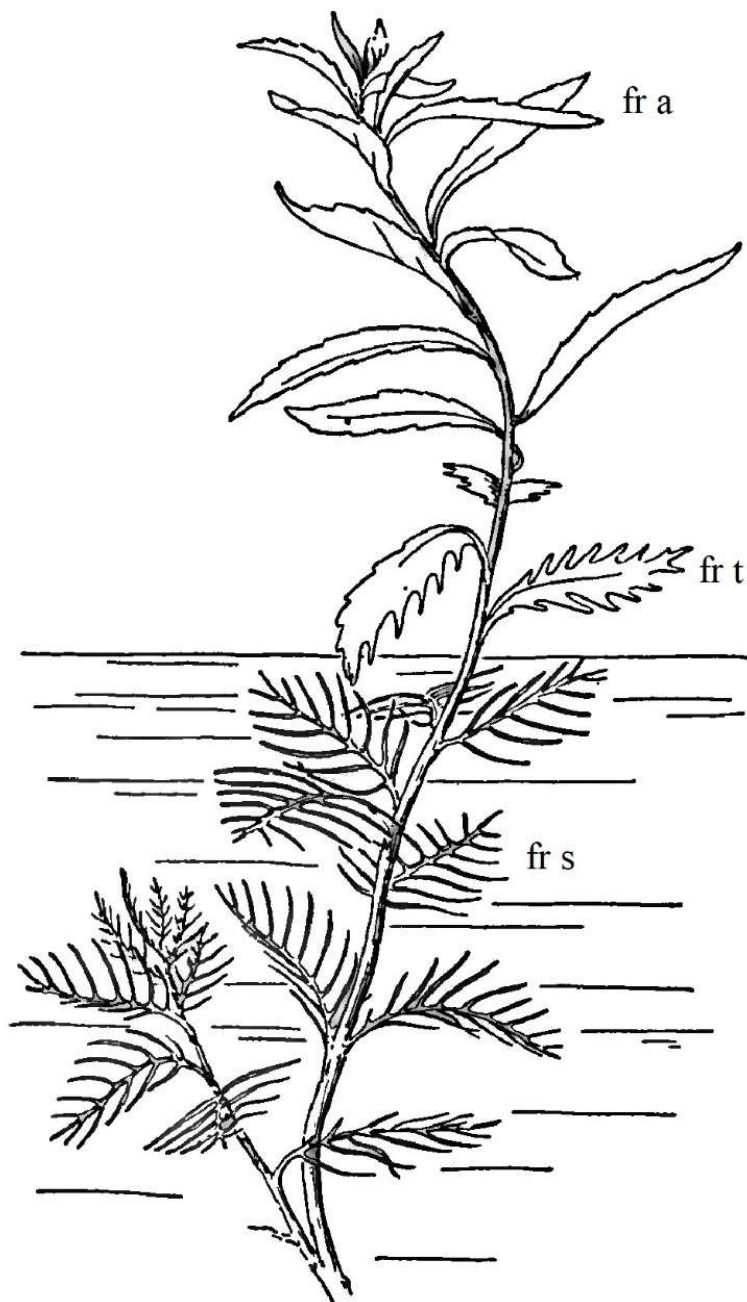


Fig. 300. Heterofilie la *Proserpinaca palustris* (fr a – frunze aeriene; fr t – frunze de tranziție; fr s – frunze submerse) (Coulter *et al.*, 1911)

Aceste plante acvatiche heterofile includ mai multe specii de *Sagittaria*, precum și *Rotala indica*, *R. rotundifolia*, *Callitriche palustris*, *Cryptocoryne beckettii*, *C. ciliata*, *C. thwaitesii*, *C. wendtii*, *Didiplis diandra*, *Echinodorus brevipedicellatus*, *E. grisebachii*, *E. tenellus*, *Ludwigia arcuata*, *L. repens*, *L. palustris* și *Butomus*. Frunzele submerse de la *Proserpinaca palustris* (Fig. 300) și unele specii de *Ranunculus* sunt puternic divizate, cu lobi mai lungi decât frunzele lor emergente.

La plantele acvatiche, frunzele puternic divizate sau sub formă de panglică măresc raportul suprafață-volum și se consideră că sunt adaptări pentru a îmbunătăți absorbția luminii și a nutrienților, precum și absorbția de CO₂ (Wetzel, 1983). Forma alungită a frunzei subacvatice este determinată mai degrabă de alungirea celulelor decât de diviziunea celulară. La unele specii, temperaturile crescute sau o fotoperioadă mai lungă stimulează formarea frunzelor aeriene. La altele, forma frunzei scufundate se dezvoltă când nivelul CO₂ scade la 5% din nivelul mediului ambiant (Maberly și Spence, 1989). La unele specii, un hormon vegetal, acidul giberelic, induce formarea formelor de frunze scufundate, în timp ce altul, acidul abscisic, induce morfologia frunzelor aeriene (Jackson, 1990).

Speciile din genul *Ranunculus* vegetează într-o gamă largă de condiții de umiditate, de la mediul terestru până la submersie (scufundare). Acele specii care vegetează fie în habitate terestre umede, fie uscate, cu niveluri stabile ale apei, sunt constante în ceea ce privește forma frunzei. Cu toate acestea, *R. flammula*, care se găsește pe marginea bălților, unde nivelul apei fluctuează, manifestă flexibilitate în ceea ce privește forma frunzelor și prezintă cel mai mare nivel de heterofilie în cadrul genului (Cook și Johnson, 1968; Barrett *et al.*, 1993).

Ranunculus flammula vegetează și în flora României (Fig. 301), în livezi umede, apătoase și pe nămol umed; are frunze bazale lung pețiolate, cu limb cordat, ovat, pe margini întregi, cele tulpinale eliptic lanceolate, îngust lanceolate până la liniare, sesile, cu margini întregi sau ușor dințate, ascuțite, glabre; tot în figura 301 (stânga), se poate observa și *Ranunculus ophioglossifolius*, ce vegetează în locuri ierboase umede, mlăștinoase, având frunze bazale cordate, lat ovate, lung pețiolate, cele tulpinale inferioare pețiolate, ± lat eliptice, întregi sau ± neînsemnat dințate, cele mijlocii și superioare lanceolate sau îngust lanceolate, până la liniare.

Littorella uniflora, o altă specie heterofilă, poate crește fie ca plantă scufundată, fie ca plantă emergentă, în funcție de nivelul apei. Frunzele scufundate au lacune aerifere; epiderma lor este mai subțire decât cea a frunzelor emergente și au puține stomate; frunzele scufundate mor după o zi de expunere la condițiile atmosferice (emergentă). După 2 până la 5 zile, frunzele aeriene cresc din aceeași rozetă. Acestea pot supraviețui inundațiilor și se pot transforma treptat în frunze scufundate (Hostrup și Wieglieb, 1991).



Fig. 301. Heterofilie la *Ranunculus ophioglossifolius* (stânga) și *R. flammula* (dreapta)
(Flora R.P.R., vol. 2, 1953)

FLOAREA LA ANGIOSPERME

Floarea la gimnosperme și angiosperme este organul de înmulțire sexuală. La gimnosperme, floarea este mai primitiv organizată, fiind lipsită de înveliș floral.

Floarea se dezvoltă dintr-un mugur floral la vârful unei ramuri, sau lateral, la baza unei frunze (axilar). Ea reprezintă un lăstar scurt, neramificat, ale cărui frunze sunt modificate, servind la formarea grăunciorilor de polen și a gameților.

Primul care a dat definiția florii a fost poetul german Goethe (1749-1832), numind-o „o ramură cu frunze metamorfozate, adaptată în vederea înmulțirii” (1790) (Fig. 302). Goethe a fost și un foarte fin observator al naturii, multe din observațiile lui în acest sens fiind foarte complexe și subtile (vezi Grigore, 2020) și prezintă interes chiar și în zilele noastre; analiza operei botanice a lui Goethe ar merita o atenție separată.

Tendința actuală este de a restrânge sensul noțiunii de floare numai la *angiosperme* și, în acest sens o putem defini ca fiind o ramură scurtă cu frunze metamorfozate, adaptate pentru asigurarea procesului sexual și formarea fructului și a seminței.

O floare completă este compusă din (Fig. 303):

(1) pedicel (codița, suportul) florilor

(2) ax floral (receptacul)

(3) înveliș floral (periant)

(4) Organe reproducătoare:

(a) *androceu* (partea bărbătească)

(b) *gineceu* (partea femeiască).

Sintetizând, însă, cele mai importante părți ale florii sunt considerate:

- androceul (totalitatea staminelor) și
- gineceul (totalitatea pistilelor/carpelelor dintr-o floare) – în momentul de față, termenii de gineceu, pistil și carpelă ridică oarecare dificultăți, raportat fiecare la celălalt; abordarea lor va fi făcută nuanțat.

1. Pedicelul floral

Pedicelul este alcătuit dintr-un singur internod și se află între ramură și restul florii (deci o singură floare, în cadrul unei inflorescențe, spre deosebire de peduncul care este „codița” inflorescenței sau doar a florii, atunci când aceasta este unică – a se vedea explicațiile de mai jos).

El poate avea diferite lungimi, iar de lungimea pedicelilor depinde în bună parte aspectul morfologic al grupării florilor (inflorescențele).

La baza pedicelilor floralii se află frecvent câte o frunză, de obicei mai mică decât restul frunzelor tulpinale. Această frunză se numește bractee. De o parte și de

alta a pedicelului floral se mai găsesc, uneori, una sau două frunzișoare mici, abia vizibile; acestea se numesc bracteole.



Fig. 302. Pagina de titlu a cărți lui Goethe – *Versuch, die Metamorphosen der Pflanzen zu erklären* (Încercare de a explica metamorfozele plantelor) (1790)

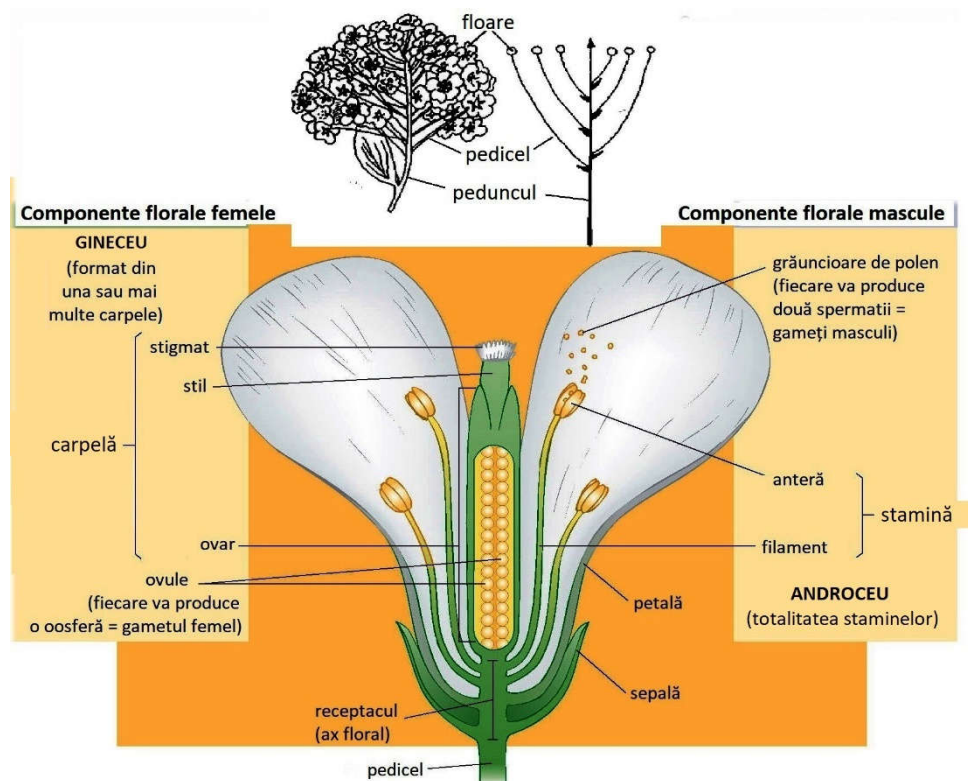


Fig. 303. Reprezentare schematică a unei flori complete – exemplificare – secțiune longitudinală prin floarea de la *Arabidopsis*; fiecare floare are patru sepal (doar două sunt figurate), patru petale (doar două sunt figurate), șase stamine și un pistil; patru dintre stamine sunt lungi, iar două sunt scurte (androceu tetradinam tipic pentru crucifere – aici sunt figurate doar două lungi și două scurte); grăuncioarele de polen se dezvoltă în sacii polinici din antere; la *Arabidopsis*, gineceul este format din două carpeluri unite, fiecare conținând numeroase ovule (Berg, 2008); sus – inflorescență (corimb simplu) la *Spiraea x vanhouttei* pentru a ilustra legătura între peduncul și pedicel (a se vedea și Fig. 318d)

Florile care au pedicel se numesc pedicelate, ca, de exemplu, la varză.

La unele plante, cum este pătlagina (*Plantago*), grâul (*Triticum*), secara (*Secale*) etc., pedicelul floral lipsește. Aceste flori se numesc sesile.

Porțiunea de tulpină sau ramificațiile sale pe care se înșiră pediceli florali se numește peduncul. Pedunculul poate purta una sau mai multe flori (Fig. 303 sus); în cazul când el poartă o singură floare, se confundă cu pedicelul, de exemplu, la lealea (*Tulipa*) (Todor, 1958; Morariu, 1965). Unele lucrări de morfologia plantelor nu fac această distincție între peduncul și pedicel, ci le sinonimizează.

2. Axul floral (receptaculul)

Axul floral este cunoscut și sub numele de *receptacul*. El continuă pedicelul și aparent este lipsit de noduri, care sunt foarte apropiate și separate de internoduri scurte. Pe ax se înșiruie componentele florii, cum sunt *învelișurile florale*, *staminele* și *carpelele*. La cele mai multe flori, receptaculul ia diferite forme (Fig. 304). Poate fi ușor umflat, sau lătit de forma unui disc (Fig. 304-1).

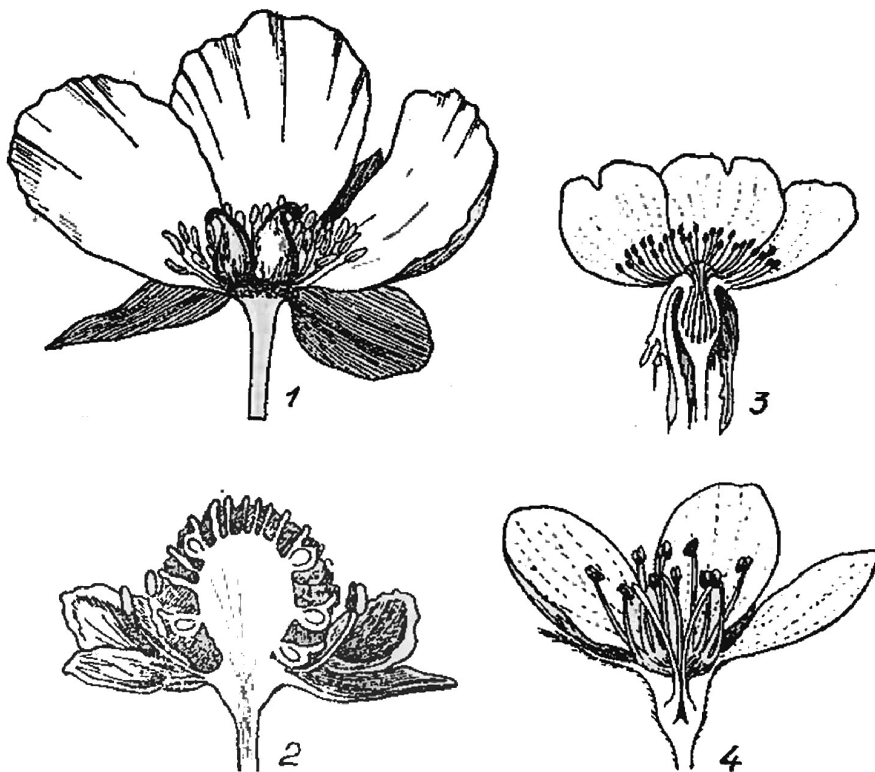


Fig. 304. Diferite forme de receptacul: 1 – disc: bujor (*Paeonia*); 2 – cilindric (sferic): piciorul cocoșului de apă (*Ranunculus sceleratus*); 3 – cupă (hipanțiu): la măceș (*Rosa canina*); 4 – în formă de cupă, concrescut cu ovarul – *Pyrus sativa* (Todor, 1958)

3. Învelișurile florale (periant)

Frunzele modificate, care se găsesc prinse pe axul floral, poartă denumirea de *învelișuri florale* sau *periant*. Ele îndeplinesc rolul de protecție a organelor sexuale și servesc la atragerea insectelor.

La florile multor plante, componentele învelișului floral sunt la fel, de aceeași culoare. Acest înveliș floral se numește *perigon*, *periant simplu* sau *periant*

homeochlamideic, iar piesele componente se numesc tepale. Perigonul caracterizează multe grupe sistematice de plante, cum ar fi familiile *Liliaceae*, *Poligonaceae*, *Urticaceae* ș. a.

El poate fi verde și se numește *sepaloid* (urzică, sfeclă – Fig. 305-2 – cânepă), sau poate fi colorat, când se numește *petaloid* (lalea, stânjenel – Fig. 305-1) (Todor, 1958).

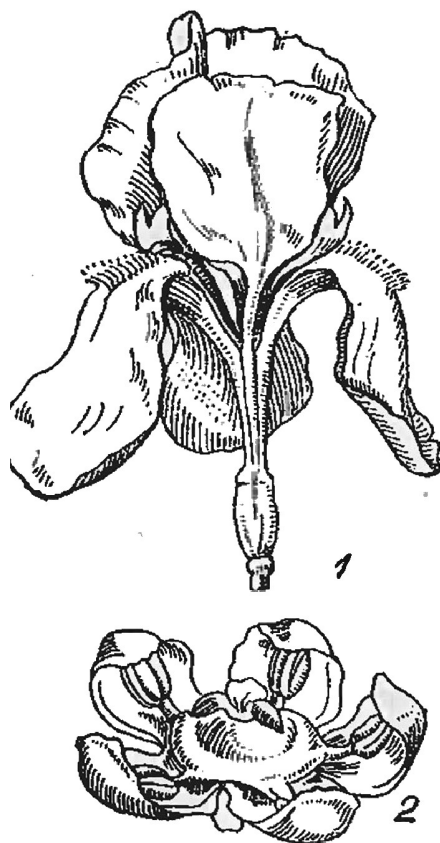


Fig. 305. Tipuri de perigon: 1 – petaloid la stânjenel (*Iris germanica*); 2 – sepaloid la sfeclă (*Beta vulgaris*) (Todor, 1958)

La alte plante, învelișul floral este diferențiat atât în ce privește culoarea, cât și forma, numindu-se periant dublu sau heterochlamideic.

Se distinge un înveliș extern, caliciul, alcătuit din frunzișoare de obicei verzi numite sepale, și un înveliș intern colorat, corola, alcătuit din petale.

Există o categorie de plante la care învelișul floral lipsește complet. Aceste flori se numesc golașe sau nude (achlamideice – *a-*, gr., fără, *chlamys-*, gr., mantie). Ele sunt reduse la stamine și pistil, sau numai la una dintre ele, fiind însoțite de o bractee. Flori golașe au frasinul – salcia (*Salix*) (Fig. 306), populul (*Populus*) ș.a.

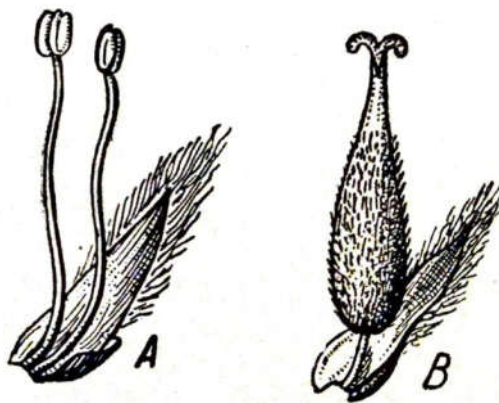


Fig. 306. Flori golașe de salcie (*Salix* sp.): A – masculă; B – femelă (Anghel *et al.*, 1960)

În cazul gramineelor, staminele și pistilul sunt acoperite cu frunzișoare numite *palee*, care sunt obișnuit în număr de două (Fig. 319d).

Caliciul

Reprezintă totalitatea sepalelor, de regulă verzi. Lipsește la florile nude (salcie, plop, frasin, graminee, ciperacee), este transformat în peri ce vor forma papusul fructelor (păpădie – Fig. 307, 308 –, pălămidă), este petaloid (jaleș, nufăr galben) sau este dublu (fragi, coada racului), când verticilul extern se numește calicul (Fig. 309).

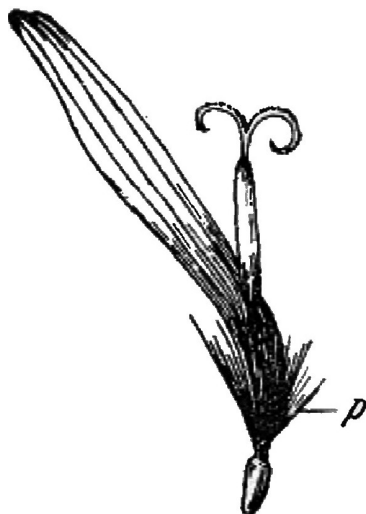


Fig. 307. Floare de păpădie (*Taraxacum officinale*) cu caliciul transformat în papus (p) (Todor, 1958)

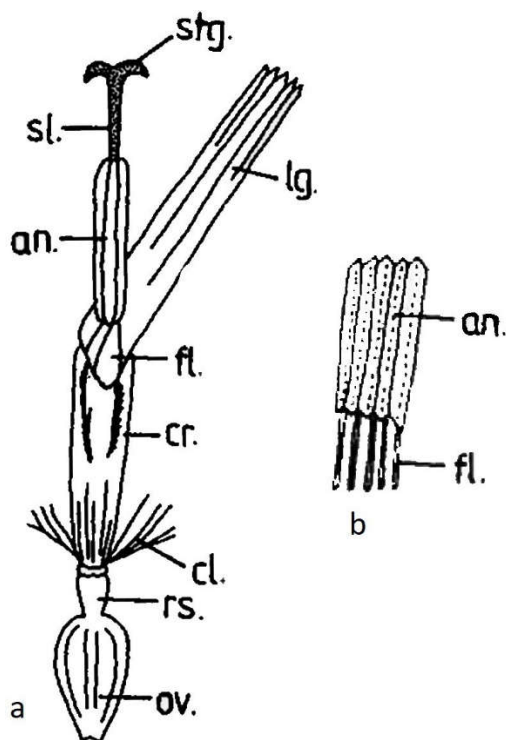


Fig. 308. Floare gamosepală zigomorfă la păpădie – *Taraxacum officinale*: a – văzută de față; b – androceu desfăcut; an. – antere; cl. – caliciu (papus); cr. – tubul corolei; fl. – filament; lg. – ligulă; ov. – ovar; rs. – rostru; sl – stil; stg. – stigmat (Toma *et al.*, 2003)

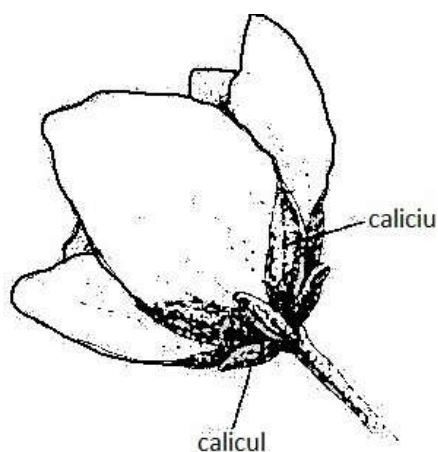


Fig. 309. Caliciu și calicul – schemă generală (Harris și Harris, 2001)

După relația dintre sepal, caliciul poate fi:

- dialisepal: cu sepal libere (ranunculacee, crucifere, rozacee);
- gamosepal: cu sepal parțial sau total concrescute (solanacee, labiate, leguminoase, primulacee, gențianacee).

La caliciul gamosepal se deosebește partea unită, care alcătuiește *tubul*, și vârfurile libere ale sepalului numite *lacinii*. Acestea indică numărul pieselor caliciului.

Caliciul (Fig. 310) poate fi: tubulos (garoafă), globulos (gușa porumbelului), campanulat (gențiană), urceolat (măselariță), infundibuliform (ciuboțica cucului) (Toma *et al.*, 2003).

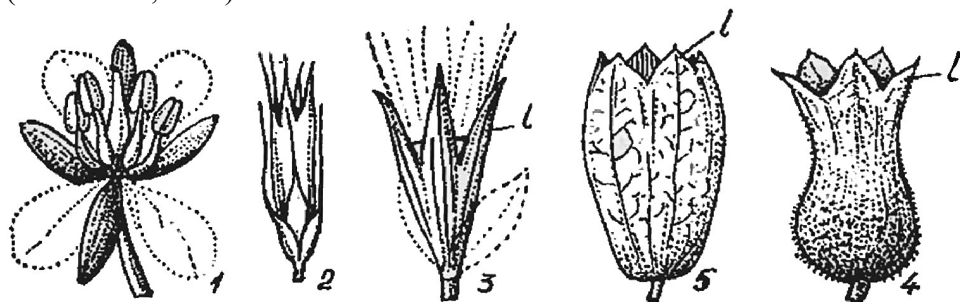


Fig. 310. Tipuri de caliciu: 1 – caliciu dialisepal la muștarul sălbatic (*Sinapis arvensis*); 2 – caliciu tubulos la garoafă (*Dianthus barbatus*); 3 – caliciu campanulat la ghințură (*Gentiana kochiana*); 4 – caliciu urceolat la măselariță (*Hyoscyamus niger*); 5 – caliciu veziculos la gușa porumbelului (*Silene inflata*); l – lacinii (linia punctată reprezintă conturul petalelor și bracteele) (Todor, 1958)

Corola

Reprezintă *totalitatea petalelor*, având altă culoare decât verde, datorită antocianilor din vacuole și pigmentilor din carotenoplaste. Lipsește la plantele apetală (stejar, alun, graminee).

După relația dintre petale, corola poate fi:

- dialipetală: cu petale libere (ranunculacee, rozacee, crucifere, umbelifere);
- gamopetală (simpetală): cu petale parțial sau total concrescute (solanacee, boraginacee, labiate, primulacee, compozee).

După simetrie, corola poate fi (Fig. 311):

- actinomorfă (ce admit o axă de simetrie – polisimetrice): tubuloasă (floarea soarelui), infundibuliformă (volbură); campanulată (clopoței); urceolată (afin); rotată (cartof); hipocrateriformă (liliac);
- zigomorfă (ce admit un plan de simetrie – monosimetrice): bilabiată (fam. *Labiatae*), personată (gura leului), ligulată (compozee liguliflore); la leguminoase, corola este tot zigomorfă, papilionată, dar dialipetală (Toma *et al.*, 2003; Todor, 1958; Morariu, 1965).

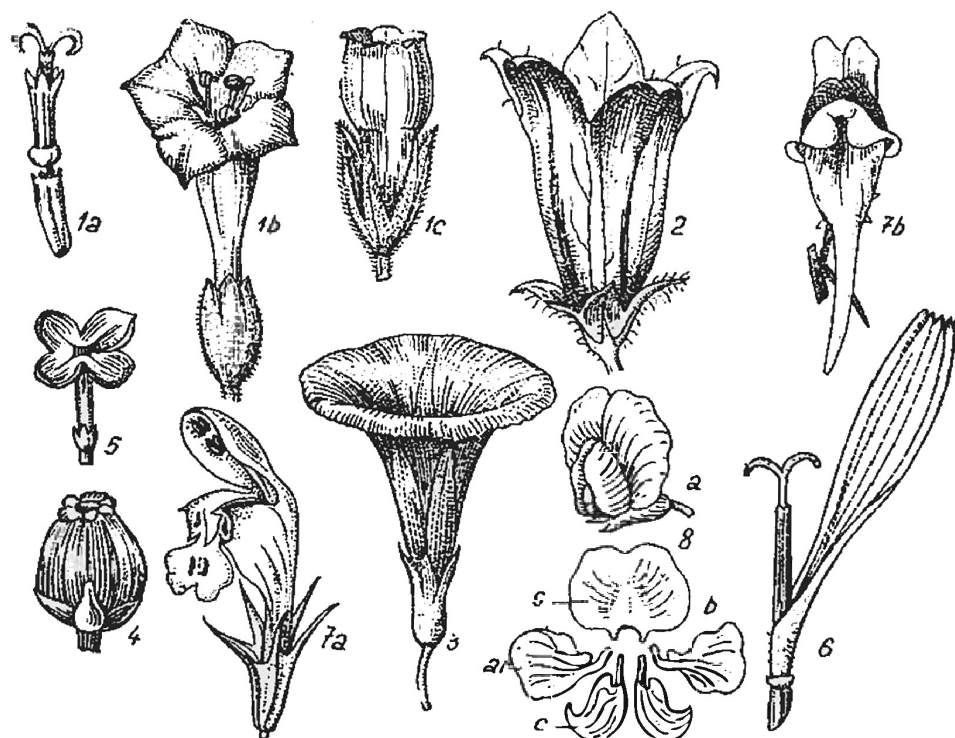


Fig. 311. Tipuri de corole: 1 – tubuloasă, 1a – la floarea soarelui (*Helianthus annuus*), 1b – la tutun (*Nicotiana tabacum*), 1c – la tătăneasă (*Symphytum officinale*); 2 – campanulată la clopoței (*Campanula trachelium*); 3 – infundibuliformă la volbură (*Convolvulus arvensis*); 4 – urceolată la afine (*Vaccinium myrtillus*); 5 – hipocrateriformă la liliac (*Syringa vulgaris*); 6 – ligulată la cicoare (*Cichorium intybus*); 7a – bilabiată la urzica moartă (*Lamium purpureum*), 7b – la liniță (*Linaria vulgaris*); 8 – papilionată la mazăre (*Pisum sativum*): a – floare completă, b – corola desfăcută, s – stindard, ar – aripioare, c – carenă (Todor, 1958)

4. Organe reproducătoare

a. Androceul

Reprezintă *totalitatea staminelor* (formate din *filament* și *anteră*) (Fig. 312), care pot fi egale sau inegale – după lungimea filamentelor (Fig. 313): 2 lungi și 2 scurte (androceu *didinam*: labiate), 4 lungi și 2 scurte (androceu *tetradinam*: crucifere).

După relația dintre stamine, androceul poate fi:

- dialistemon: cu stamine libere (la cele mai multe plante);
- gamostemon (Fig. 314): cu stamine unite, fie prin filamente (androceu: monadelf – la malvacee; diadelf – la leguminoase; triadelf – la sunătoare; pentadelf – la tei), fie prin antere (androceu sinanter la compozee).

Staminele se pot insera pe receptacul (caz obișnuit) sau pe tubul corolei gamopetale (labiate, primulacee). Antera are două loje, fiecare cuprinzând adesea doi saci polinici, în care se vor forma granulele de polen (în care vor lua naștere câte doi gameți masculi imobili, numiți spermatorii).

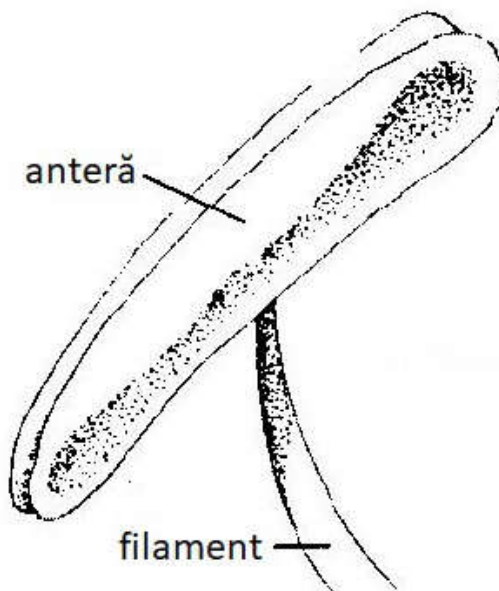


Fig. 312. Alcătuirea unei stamine (Harris și Harris, 2001)

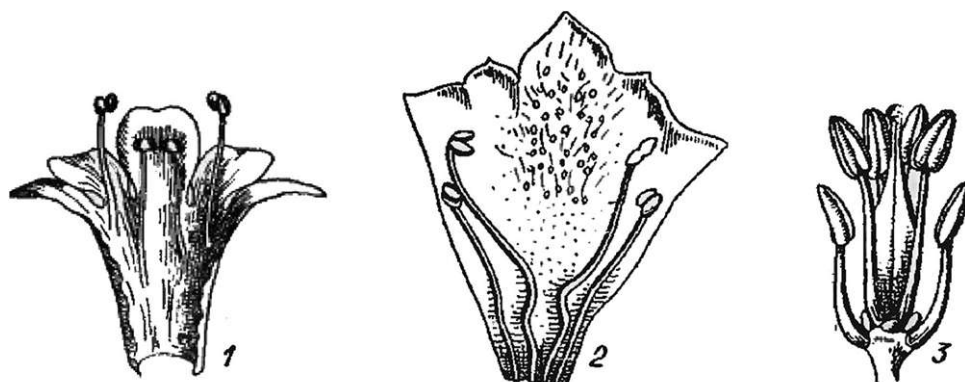


Fig. 313. 1 – Androceu didinam la cimbrisor (*Thymus vulgaris*) și 2 – la degețelul roșu (*Digitalis purpurea*); 3 – androceu tetradinam la muștarul sălbatic (*Sinapis arvensis*) (Todor, 1958)

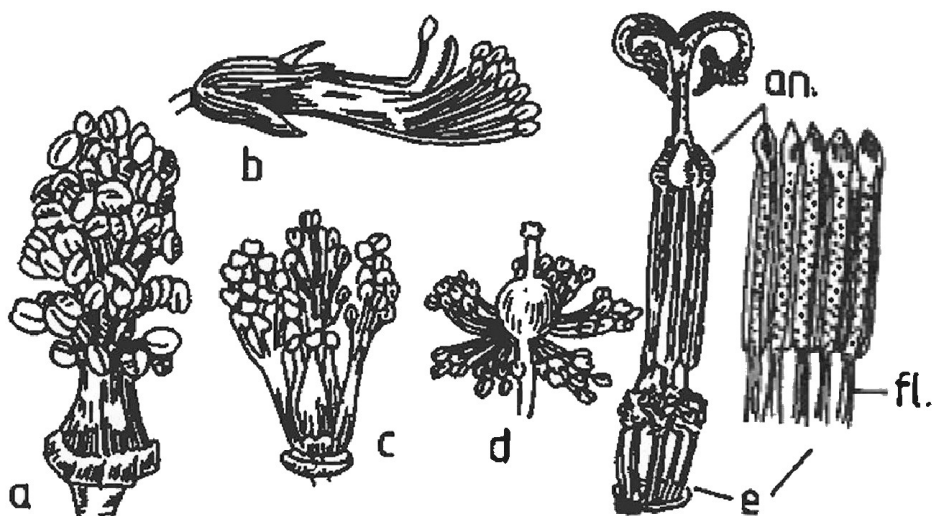


Fig. 314. Tipuri de androceu gamostemon: a – monadelf: *Althaea officinalis*; b – diadelf: *Pisum sativum*; c – triadelf: *Hypericum perforatum*; d – pentadelf: *Tilia tomentosa*; e – sinanter: *Taraxacum officinale*; an. – antere; fl – filament (Toma et al., 2003)

b. Gineceul

Reprezintă totalitatea *pistilelor* (*carpelelor*), o carpelă fiind formată din: ovar, stil și stigmat.

Gineceul poate fi *monocarpelar* (o singură carpelă – papilionacee, prunoidee, urticacee) sau *pluricarpelar* (mai multe carpele – la marea majoritate a plantelor) (Fig. 315-1), totdeauna carpelele fiind concrescute prin marginile lor și între ele (când gineceul are carpelele unite).

După relația dintre carpele, gineceul pluricarpelar poate fi:

- dialicarp sau apocarp (carpele libere) (ranunculacee, unele rozacee);
- gamocarp, cenocarp sau sincarp (carpele unite între ele); la rândul său, acesta poate fi, după felul în care are loc concreșterea carpelelor:
 - eusincarp, plurilocular, cu carpelele sudate până în centrul ovarului (liliacee, iridacee, amarilidacee);
 - paracarp, unilocular, cu carpelele sudate doar la exterior, prin marginile lor (violacee);
 - lisicarp, unilocular, cu carpelele sudate până în centru, după care liniile de sudură se lizează (primulacee).

Placentația este modul în care sunt dispuse placentele în ovar.

Referitor la relația dintre pistil și carpelă, trebuie spus, în termeni foarte simpli, că: în cazul unui gineceu monocarpelar (o singură carpelă), carpela coincide cu un pistil (pistil simplu); în cazul gineceului pluricarpelar apocarp (mai multe carpele libere, nesudate), vorbim de tot atâtea pistile simple, deci numărul de carpele

este echivalent cu numărul de pistile; în cazul gineceului pluricarpelar sincarp (carpele sudate), vorbim de un pistil compus (aici, concreșterea carpelelor poate avea loc numai la baza ovarului, în lungul acestuia, sau în lungul ovarului, stilului și stigmatului).

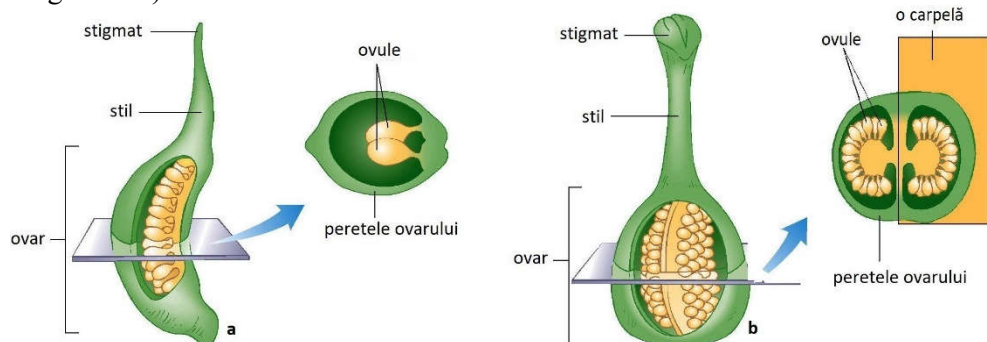


Fig. 315-1: Gineceu: a – monocarpelar; b – pluricarpelar, în cazul de față, având două carpele unite (Berg, 2008)

Placenta sau țesutul placentar este porțiunea din peretele ovarului de care se prind ovulele (Toma *et al.*, 2003).

Gineceul pluricarpelar poate fi format din: 2 carpele (umbelifere, labiate, boraginacee, compozee, graminee), 3 carpele (liliacee, iridacee), 5 carpele (cariofilacee, primulacee), numeroase carpele (ranunculacee, multe rozacee).

Stigmatul poate fi (Fig. 315-2): papilos (caz general), globulos (cartof, ciuboțica cucului); scobit (șofran, toporași), bifid (compozee, labiate), trifid (liliacee), foliaceu (stânjenel), filiform (pătlagină, țepoșică), discoidal – stelat (mac), plumos sau penat – păros (grâu).

Stilul poate fi: absent (mac), redus (piciorul cocoșului, lalea), lung (caz obișnuit), foarte lung (porumb).

După lungimea stilului, florile pot fi homostile (caz obișnuit) sau heterostile:

- *brevistile* (flori cu stil scurt și stamine lungi) și
- *longistile* (flori cu stil lung și stamine scurte), ca la hrișcă, ciuboțica cucului (Fig. 316).

Ovarul este partea bazală, mai umflată a carpelei, în care se formează unul sau mai multe ovule, fiecare având în sacul embrionar 7 celule, din care una reprezintă gametul femel, numit oosferă.

După relația gineceului cu alte părți ale florii și cu receptaculul, ovarul poate fi (Fig. 317):

- superior: liber în centrul florii, deasupra caliciului, corolei și androceului, florile numindu-se hipogine (ranunculacee, crucifere, leguminoase, liliacee).
- semiinferior: adâncit în receptacul, fără să concrească cu el, florile numindu-se perigine (prunoidee).

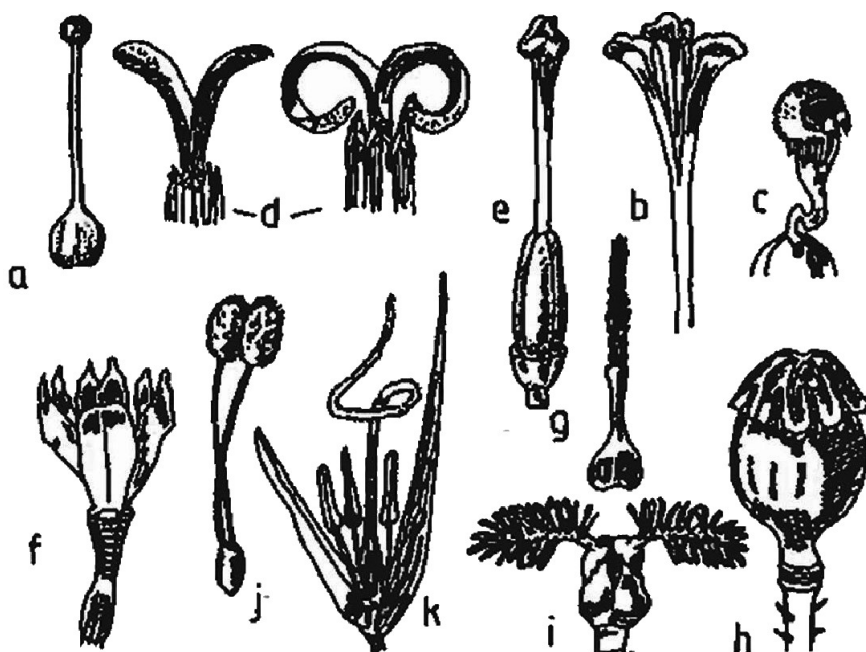


Fig. 315-2. Forme de stigmate: a – globulos: *Primula officinalis*; b – trifid și scobit: *Crocus sativus*; c – scobit: *Viola tricolor*; d – bifid: *Arnica montana*; e – trifid: *Lilium candidum*; f – foliaceu la *Iris germanica*; g – filiform: *Plantago lanceolata*; h – discoidal-stelat: *Papaver somniferum*; i – penat-păros: *Triticum aestivum*; j – papilos: *Stelaria glauca*; k – filiform: *Nardus stricta* (Toma et al., 2003)

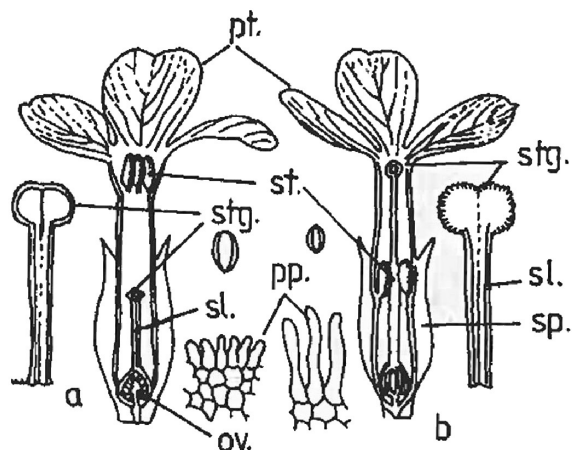


Fig. 316. Heterostilie la *Primula officinalis*: a – floare brevistilă; b – floare longistilă; pp. – papile; ov. – ovar; pt. – petale; sl. – stil; sp. – sepal; st. – stamine; stg. – stigmat (Toma et al., 2003)

– inferior (cel mai evoluat): adâncit în receptacul, cu care concrește, florile numindu-se epigine (cucurbitacee, campanulacee, compozee) (Toma *et al.*, 2003).

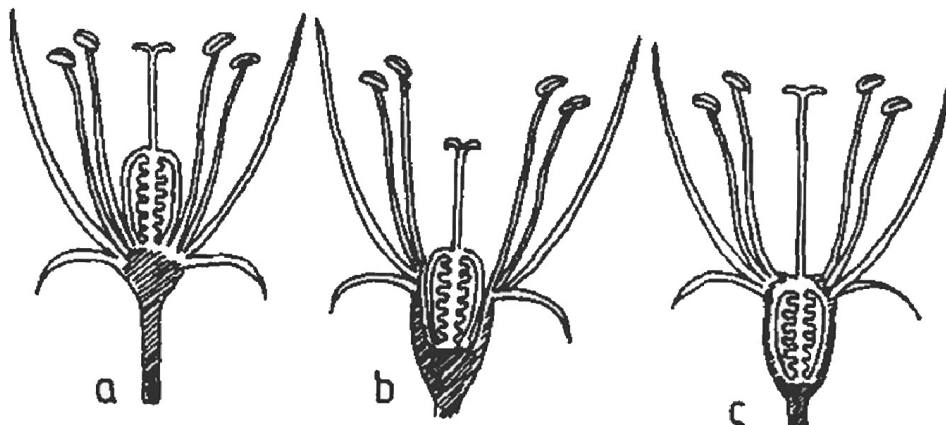


Fig. 317. Tipuri de ovar în relație cu receptaculul și piesele florale: a – superior; b – semiinferior; c – inferior (Toma *et al.*, 2003)

Inflorescențe

Antofitele pot prezenta flori solitare (una la plante cu tulpină neramificată: lalea, ghiocel, narcisă sau mai multe – la unele plante cu tulpină ramificată) sau grupate în inflorescențe.

Inflorescențele se pot clasifica în mai multe tipuri:

1. Inflorescențe de tip racemos (nedefinit, monopodial)

Axa principală crește nedefinit, neterminându-se cu o floare, ci cu un mugur.

Succesiunea înfloririi este de la bază spre vârf.

A. Inflorescențe simple

- a. racem: cu flori pedunculat în lungul axei inflorescenței; ca la crucifere, zambilă, mălin, sparceță, salcâm – *Robinia pseudoacacia* – fam. *Fabaceae* (Fig. 318a).
- b. spic: un racem cu flori sesile, ca la pătlagină – *Plantago media* – fam. *Plantaginaceae* (Fig. 318b); spicul are mai multe variante:
 - ament: spic dens, cu flori unisexuate, lipsite de periant, ca la mulți arbori de pădure (fag, stejar, mestecăn, salcie, plop, nuc – *Juglans regia* – fam. *Juglandaceae* – Fig. 318c);
 - spadix: spic învelit de o hipsofilă numită spată, ca la papură, porumb (inflorescența femelă), rodul pământului – *Arum maculatum* – fam. *Araceae* – Fig. 318h);

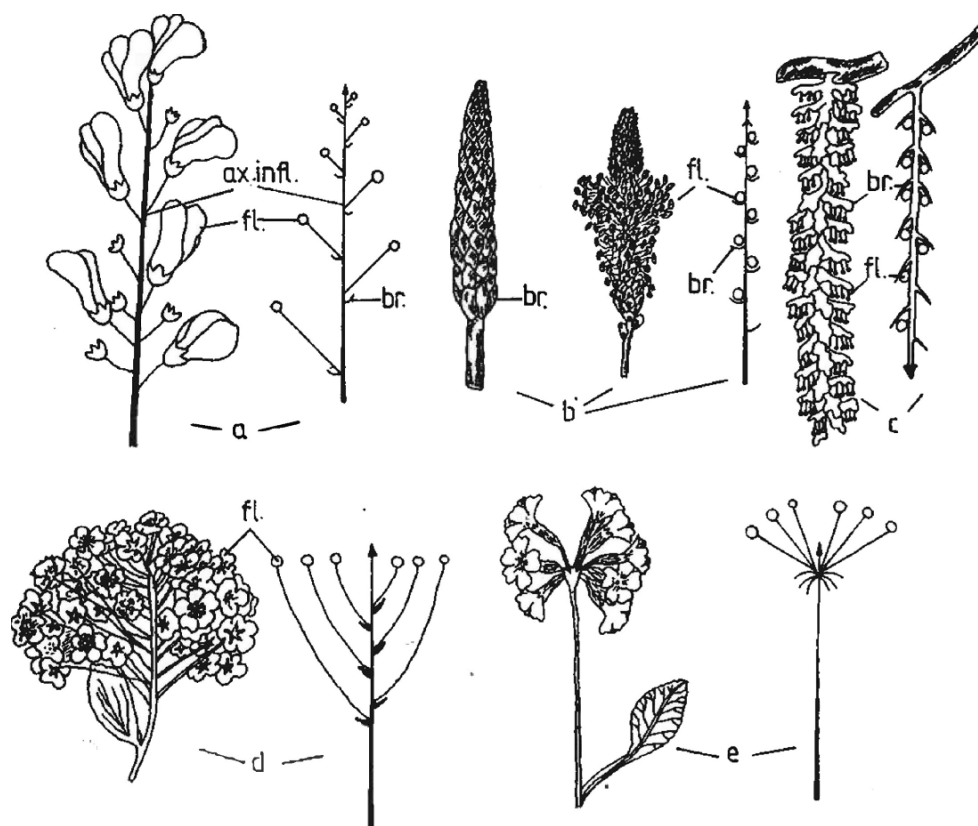


Fig. 318. Inflorescențe racemoase simple și compuse: a – racem simplu: *Robinia pseudoacacia*; b – spic simplu: *Plantago media*; c – ament: *Juglans regia*; d – corimb simplu: *Spiraea x vanhouttei*; e – umbelă simplă: *Primula officinalis*; ax. infl. – axa inflorescenței; br. – bractee; fl. – floare (Toma et al., 2003)

- c. corimb: cu flori situate mai mult sau mai puțin la același nivel, deci având pedunculi de lungime diferită, ca la măr, cununiță – *Spiraea x vanhouttei* – fam. *Rosaceae* (Fig. 318d).
- d. umbelă: cu flori la același nivel, având pedunculi egali și involucru de bractee, ca la rostopască, ceapă, cireș, ciuboțica cucului – *Primula officinalis* – fam. *Primulaceae* (Fig. 318e).
- e. capitul sau calatidiu: cu flori sesile sau având pedunculi foarte scurți, dispuse pe un receptacul în formă de platou, ca la pădăie – *Taraxacum officinale* – fam. *Asteraceae* (Fig. 318g) sau conic, ca la trifoi – *Trifolium pratense* – fam. *Fabaceae* (Fig. 318f), înconjurat de involucru.

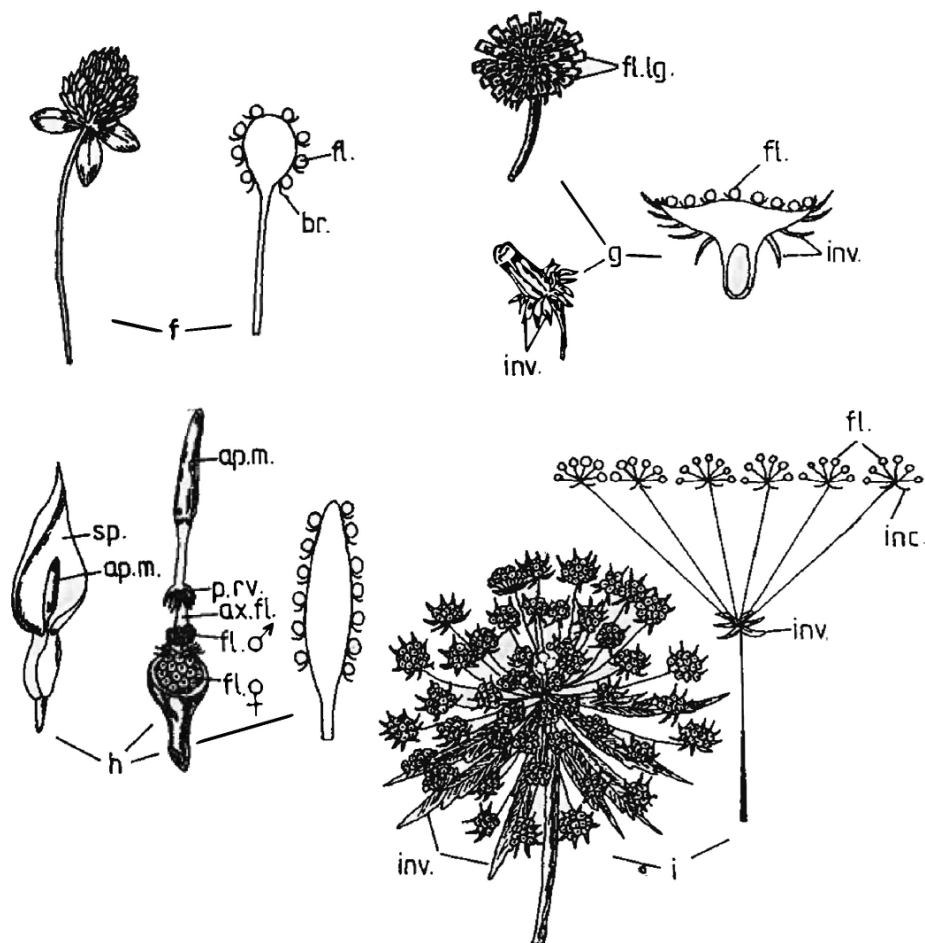


Fig. 318 (continuare). Inflorescențe racemoase simple și compuse: f – capitul: *Trifolium pratense*; g – calatidiu simplu: *Taraxacum officinale* (sus, văzut de față; jos, din profil); h – spadix: *Arum maculatum* (stânga, cu spată; dreapta, fără spată); i – umbelă compusă (cu umbelule): *Daucus carota*; ap. m. – aparat de manifestare; ax. – axă (fl. – a florii, infl. – a inflorescenței); br. – bractee; fl. – floare (lg. – ligulată); inc. – involucl; inv. – involuclu; sp. – spată; p. rv. – peri reversi (Toma et al., 2003)

B. Inflorescențe compuse

- racem de raceme: viță de vie – *Vitis vinifera* – fam. *Vitaceae* (Fig. 319a), castan porcesc – *Aesculus hippocastanum* – fam. *Hippocastanaceae* (Fig. 319c).
- corimb de corimbe: păducel, scoruș – *Sorbus aucuparia* – fam. *Rosaceae* (Fig. 319b).

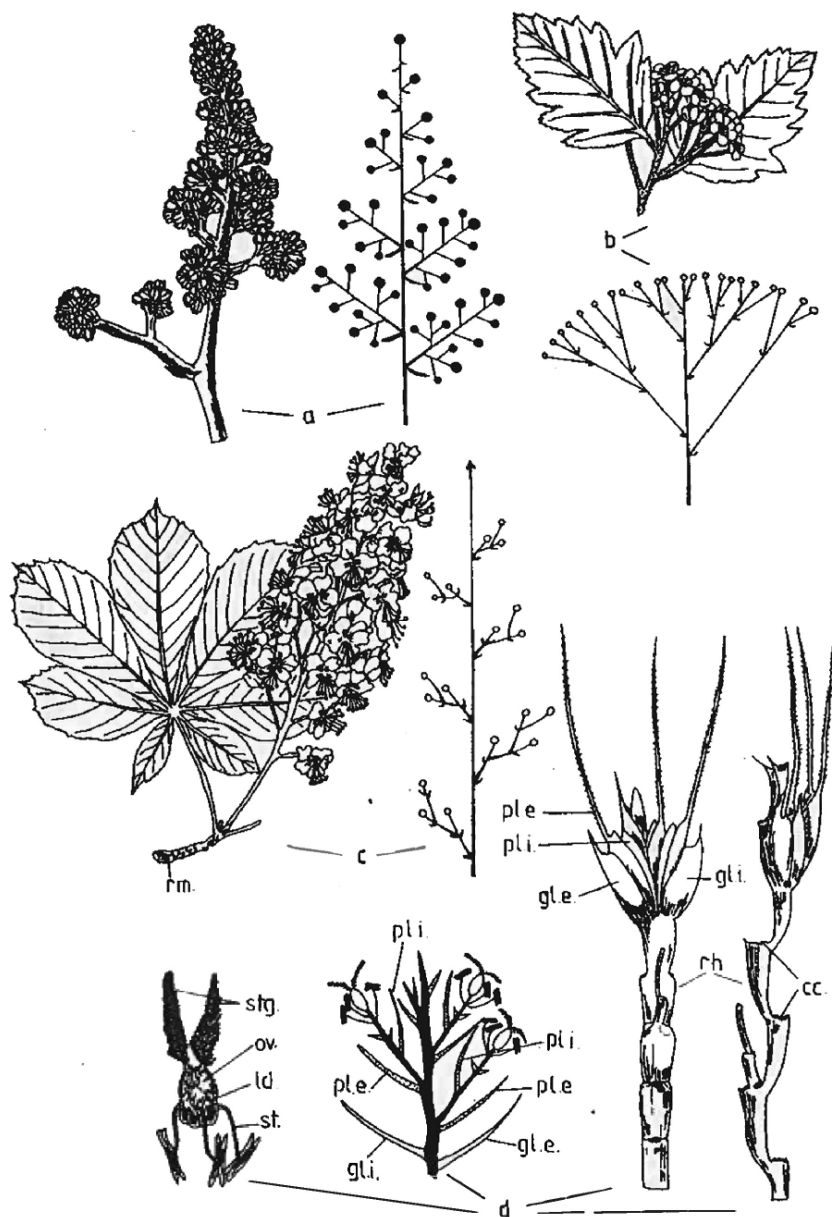


Fig. 319. Inflorescențe racemoase compuse: a – racem de raceme: *Vitis vinifera*; b – corimb de corimbe – *Sorbus aucuparia*; c – racem de raceme: *Aesculus hippocastanum*; d – spic de spicule: *Triticum aestivum* (stânga – floare, mijloc – schemă; dreapta – fragment de spic); cc. – călcâi; gl. – glumă (e. – externă, i. – internă); ld. – lodicule; ov. – ovar; pl. e. – palee externă; pl. i. – palee internă; rh. – rahis; rm. – ramură; st. – stamine; stg. – stigmat (Toma *et al.*, 2003)

- c. spice de spiculețe: numeroase graminee: orz, secară, pir, grâu – *Triticum aestivum* – fam. *Poaceae* (Fig. 319d).
- d. umbele de umbelule: umbelifere: morcov – *Daucus carota* – fam. *Apiaceae* (Fig. 318i).
- e. capitul de capitule: floarea de colț – *Leontopodium alpinum* – fam. *Asteraceae* (Fig. 319g).
- f. racem de spice: palmier.
- g. racem de umbele: iederă – *Hedera helix* – fam. *Araliaceae* (Fig. 319e).
- h. corimb de capitule (calatidii): coada șoricelului – *Achillea millefolium* – fam. *Asteraceae* (Fig. 319f).
- i. racem de spiculețe lung pedunculate: unele graminee: ovăz, orez, firuță, păiuș (Toma *et al.*, 2003).

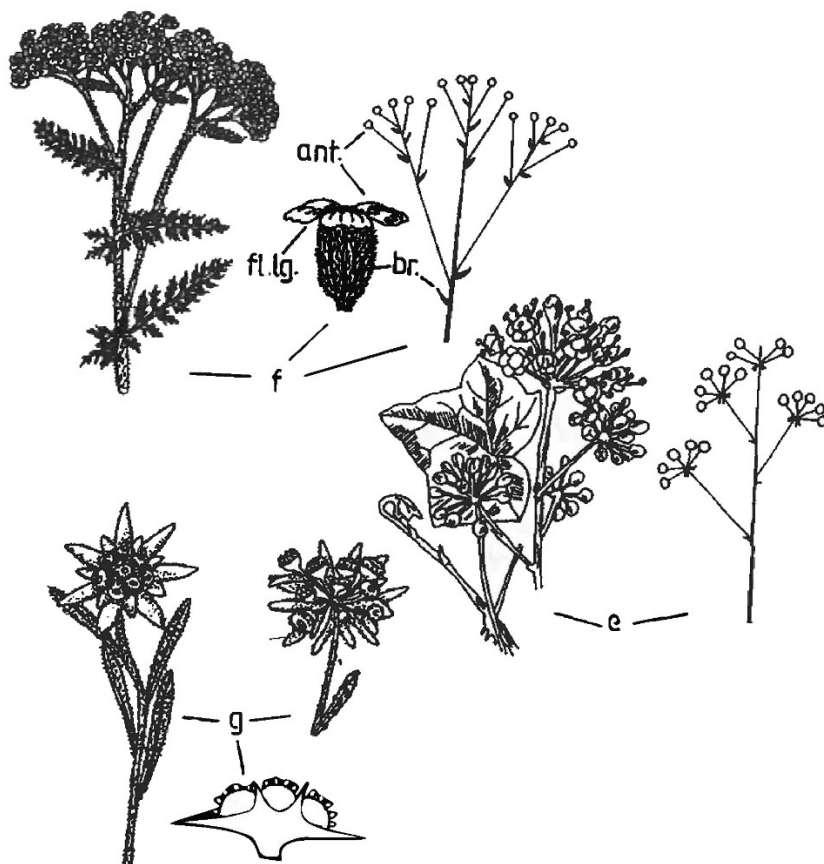


Fig. 319 (continuare). Inflorescențe racemoase compuse: e – racem de umbele: *Hedera helix*; f – corimb de calatidii (capitule, antodii): *Achillea millefolium*; g – capitul de capitule: *Leontopodium alpinum*; ant. – antodii; br. – bractee; fl. lg. – floare ligulată (Toma *et al.*, 2003)

2. Inflorescențe de tip cimos (definit simpodial)

Extremitatea axei se termină cu o floare. Au flori cu organizare centrifugă, dispuse în așa fel încât cele de ordin superior depășesc ca lungime pe cele de ordin inferior.

A. Inflorescențe simple

a. cimă unipară (monocaziu): cu flori numai de o parte a axei: *scorpioidă*, ca la mierea ursului; *helicoidală*, ca la gladiolă; în *evantai*, ca la stânjenel – *Iris pseudacorus* – fam. *Iridaceae* (Fig. 320a).

b. cimă bipară (dicaziu): cu flori de o parte și de alta a axei, ca la begonii, cartof, garioafă, opaiță – *Silene alba* – fam. *Caryophyllaceae* (Fig. 320b); variantă: glomerulul de sfeclă, cu flori foarte apropiate.

c. cimă multipară (pleiocaziu): cu verticil de ramificații sub floarea terminală, ca la alior – *Euphorbia cyparissias* – fam. *Euphorbiaceae* (Fig. 320c) (numindu-se și ciațiu); *Sedum acre* – fam. *Crassulaceae* (Fig. 320d).

B. Inflorescențe compuse

Cimă bipară de cime helicoidale, ca la amarilidacee.

3. Inflorescențe mixte

a. racem de cime unipare scorpioide: tătăneasă – *Symphytum officinale* – fam. *Boraginaceae* (Fig. 321a).

b. racem de cime bipare – liliac – *Syringa vulgaris* – fam. *Oleaceae* (Fig. 321b).

c. spic de cime unipare helicoide: stânjenel – *Iris germanica* – fam. *Iridaceae*.

d. spic de cime bipare, triflore: unisexuate: mestecăn – *Betula pendula* – fam. *Betulaceae* (Fig. 321c) (Toma *et al.*, 2003).

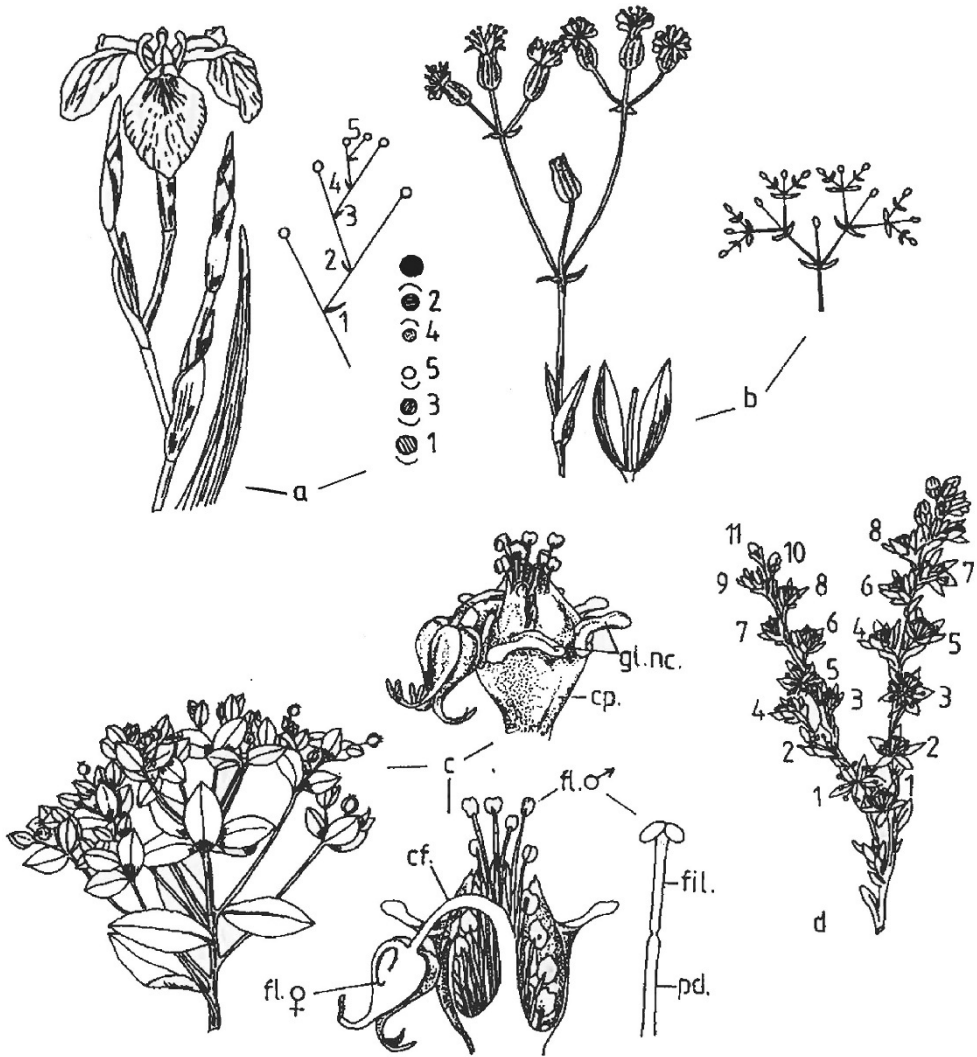


Fig. 320. Inflorescențe cimoase simple: a – monocaziu: *Iris pseudacorus* (dreapta – scheme, văzute lateral și în proiecție); b – dicaziu: *Silene alba*; c – pleiocaziu: *Euphorbia cyparissias* (dreapta: caziu aspect general, în secțiune longitudinală și o floare masculă); d – pleiocaziu: *Sedum acre*; cf – carpofor; cp. – cupă; gl. nc. – glande nectarifere; fil. – filament; fl. – floare; pd. – peduncul floral (Toma et al., 2003)

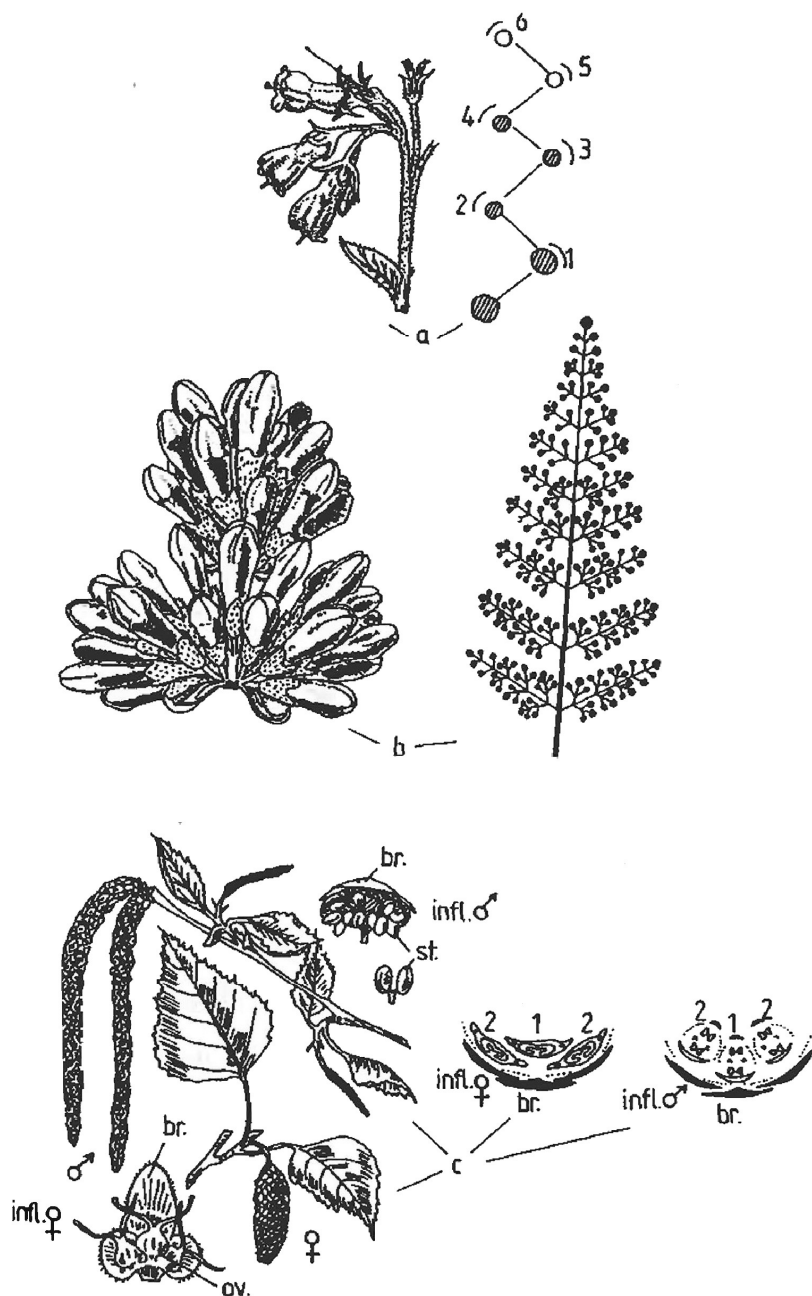


Fig. 321. Inflorescențe mixte: a – racem de cime unipare scorpioide: *Symphytum officinale*; b – racem de cime bipare: *Syringa vulgaris*; c – spic de cime bipare: *Betula pendula* (dreapta, diagrame); br. – bractee; infl. – inflorescență; ov. – ovar; st. – stamină (Toma et al., 2003)

FLOAREA – ASPECTE ECOLOGICE

Din punct de vedere ecologic, floarea este un organ al cărui rol este polenizarea, care este principalul proces de producere a semințelor. Originea și evoluția florii, precum și mecanismele de polenizare – foarte diversificate și complexe – reprezintă subiecte foarte interesante și de actualitate, care se pretează la discuții foarte largi. Doar pentru a avea o imagine – parțială – asupra acestei realități, menționăm că o listă bibliografică referitoare la polenizarea florii, într-o lucrare din 1906 (Knuth, 1906), menționează 3748 (!) de titluri, la care se mai pot adăuga și lucrări de zoologie care sunt tangențiale.

Din acest motiv, în rândurile de mai jos, vor fi redată doar câteva aspecte legate de polenizare, tipurile acestora și adaptările plantelor (florii) în vederea derulării polenizării în funcție de diferiți factori de mediu.

Adaptări la polenizare

1. Plante anemofile (polenizate cu ajutorul vântului) (Fig. 322, 323)

Caracterizează gimnospermele (îndeosebi coniferele) și multe angiosperme: ierboase (graminee – cereale, ciperacee – rogoz, juncacee – rugină, chenopodiacee – sfeclă, urticacee – urzica vie) și lemnoase (fagacee – fag, stejar, juglandacee – nuc, salicacee – salcie, plop, betulacee – mestecăn, corilacee – alun: Fig. 322, carpen, palmieri ș.a.).

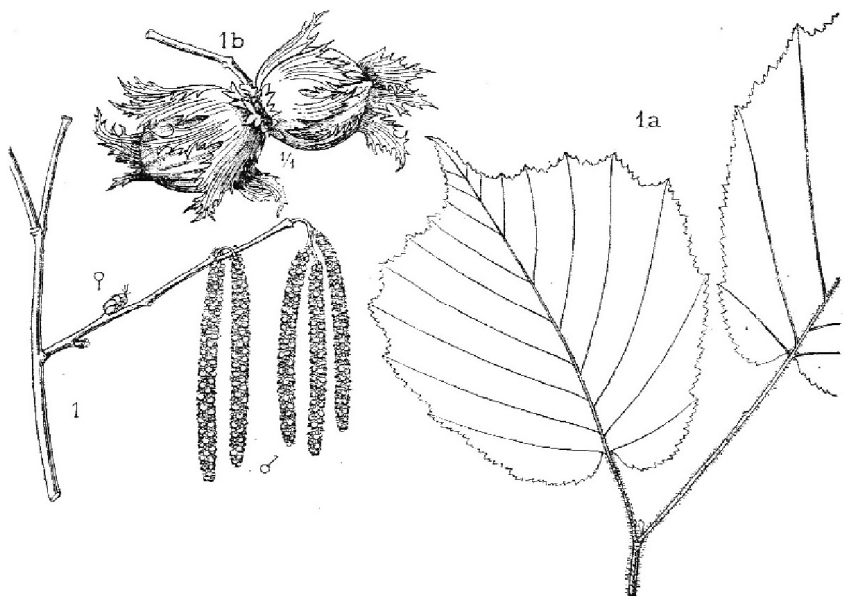


Fig. 322. *Corylus avellana* (alun) (1 – ramură cu flori anemofile; 1a – frunze; 1b – fruct)
(Flora R.P.R., vol. 1, 1952)

Dintre adaptări, subliniem: flori cu periant (caliciu, corolă) redus ori absent; flori cu colorit șters; flori fără miros; înflorire înainte de apariția frunzelor (care ar reduce eficiența vântului); polen uscat, neted, foarte mult (suplinind riscul pierderii până la floarea căreia îi este destinat), uneori prevăzut cu două aripioare (Fig. 324); plante grupate în număr mare (pe pajiști, în păduri); plante răspândite mai ales în zonele temperate, cu vânt frecvent; stamine cu antere oscilante.

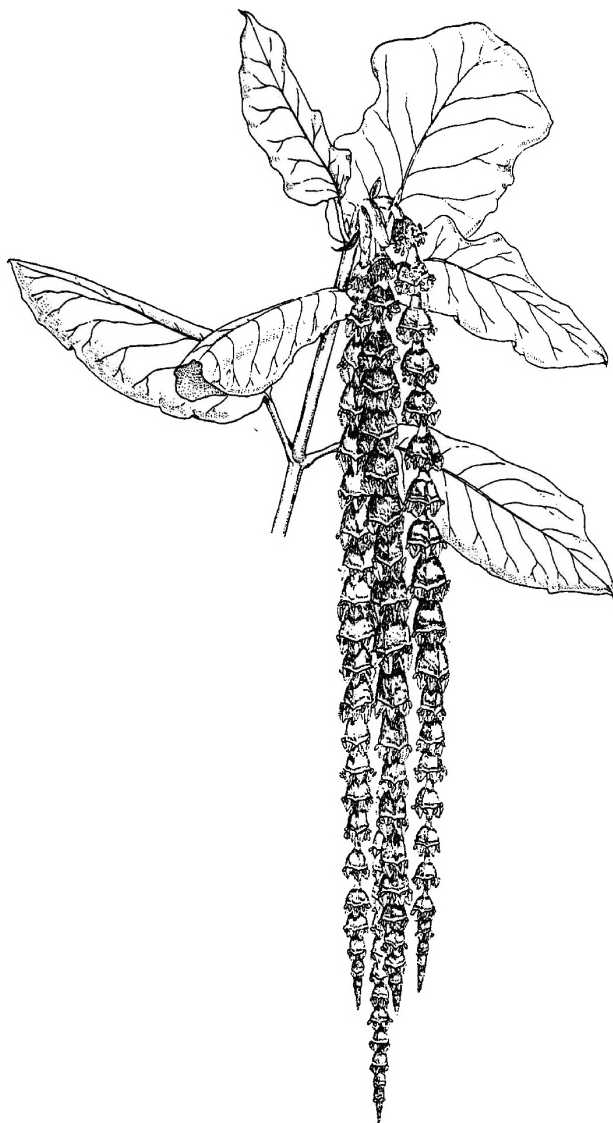


Fig. 323. Flori anemofile la *Garrya elliptica* (Scagel *et al.*, 1984)

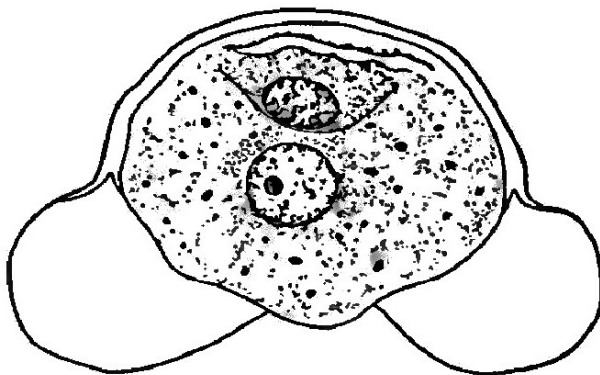


Fig. 324. Grăuncior de polen la pin (*Pinus* sp.) – se observă două aripioare care contribuie la răspândirea cu ajutorul vântului (Coulter *et al.*, 1911)

2. Plante hidrofile (Hidrofilie) – polenizare cu ajutorul (prin intermediul apei) apei

Polenizarea prin intermediul apei este un fenomen mai rar, dar foarte interesant. La plantele care sunt complet scufundate (ca la multe specii de *Potamogetonaceae* și *Najadaceae*), grăuncioarele de polen sunt structuri filamentoase care sunt la fel de grele ca apa sau mai grele, iar exina groasă, caracteristică polenului aerian, lipsește; astfel de grăuncioare de polen, la eliberare, plutesc către suprafața apei și pot intra în contact cu stigmatul lungi ale florilor femele.

Există mai multe tipuri de hidrofilie (polenizare prin intermediul apei), în funcție de nivelul la care are loc polenizarea, în raport cu apa, respectiv, deasupra nivelului apei, pe suprafața apei, sub suprafața apei, sau combinații ale acestor tipuri.

Astfel, putem distinge:

a. Polen transportat deasupra nivelului apei (epihidrofilie uscată)

În timpul polenizării deasupra suprafeței apei, structurile reproducătoare rămân uscate. Epihidrofilia uscată necesită cele mai puține adaptări la habitatul umed, deoarece este în esență o strategie aeriană de polenizare. Mecanismul predominant al polenizării deasupra suprafeței apei este „ciocnirea” florilor plutitoare masculine și femele. Polenul este transportat prin intermediul florilor masculine plutitoare care sunt eliberate sub apă și plutesc la suprafață, unde se usucă. Polenul este uscat, sferic și uneori aglutinat în mase lipicioase. Florile femele plutitoare sunt prinse de lăstari prin pedunculi lungi. Sepalele și petalele florii femele sunt parțial neumectabile; floarea femelă formează adesea o depresiune la suprafața apei.

Această strategie de polenizare se întâlnește la majoritatea speciilor acvatice din familia *Hydrocharitaceae*.

Un exemplu tipic este la sârmuliță, *Vallisneria spiralis* (familia *Hydrocharitaceae*) (Fig. 325), plantă acvatică ce se găsește și în flora României. Aceasta este o plantă dioică, acvatică, submersă, fixată pe fundul apelor. Iată descrierea completă a acestei specii: „tulpina lungă numai de 2 cm și groasă de 3 mm, cu stoloni numeroși și adesea lungi de 5 cm. Frunze 3-5-nervate, liniare, îngrămadite câte 5-20 la baza tulpinii, lungi până la 80 cm și late până la 5 mm (în ape puțin adânci sunt moi și translucide), la vârf obtuz rotunjite sau fin denticulate. Flori mici, albe verzui, scurt pedicelate, aglomerate. Florile masculine cu 3 stamine, dintre care una redusă la un staminodiu, formează inflorescențe dese, învelite cu câte un spat; la maturitate spatul se rupe, în timp ce florile se desprind și se ridică la suprafața apei, susținute de periantul extern în formă de luntre. Florile femele singuratice la extremitatea unui peduncul lung și răsucit în spirală, ridicându-se la suprafața apei, învelite într-un spat membranos, bivalv, lung de 1,5 cm; ovar cilindric și aproape de lungimea spatului, cu numeroase ovule, erecte și 3 stigmatate lat ovate, evident emarginate. Caliciu cu 3 sepale ovale, concave, inegale. Corolă cu petale scvamiforme foarte mici, nedivizate.

Polenizarea are loc la suprafața apei (Fig. 325), iar, după fecundare, floarea femelă se închide și se scufundă în apă, unde se maturizează fructul. Fruct baciform, cilindric, multisperm, lung de 3-10 mm” (Flora R.S.R., vol. 11, 1966).

Situația este similară și la *Vallisneria americana* (Fig. 326).

Un gen african de plantă acvatică, *Lagarosiphon* (Fig. 327; 329B), are flori masculine care sunt eliberate sub apă și plutesc la suprafață sub formă de muguri. Când mugurii se deschid, sepalele și petalele se îndoaie înapoi și formează „corabia” florii. Trei stamine fertile se extind orizontal, în timp ce trei stamine sterile cresc în poziție verticală și au rol de „pânze” ale „corabiei”. Florile masculine se unesc între ele formând „plute” mari care se ciocnesc apoi cu florile plutitoare femele, depunând polenul lipicios pe stigmat (Fig. 327).

La *Hydrilla verticillata* (Fig. 328, 329A), florile masculine sunt eliberate sub apă și plutesc la suprafață. Polenul este catapultat în aer și un mic procent din grăuncioarele de polen aterizează pe florile plutitoare femele (Fig. 328). În plus, florile masculine „navighează” în poziție verticală pe suprafața apei și se ciocnesc de florile femele, vărsând mai mult polen pe stigmat. Dacă nivelul apei crește și stigmele se scufundă, acestea sunt protejate de o bulă de aer formată de sepalele și petalele care se îndoaie spre interior (Yeo *et al.*, 1984).

În acest ultim caz, prima strategie, în care polenul este trimis în aer, este, fără îndoială, anemofilă, deoarece polenul este transportat în aer înainte de a avea loc polenizarea. Cu toate acestea, a doua strategie necesită apă pentru a transporta floarea masculă la cea femelă, așa că seamănă cu situația de la *Vallisneria* și *Lagarosiphon*, precum și cu o serie de alte genuri din familia *Hydrocharitaceae*: *Appertiella*, *Enhalus*, *Maidenia* (Fig. 330A) și *Nechamandra* (Fig. 330B).

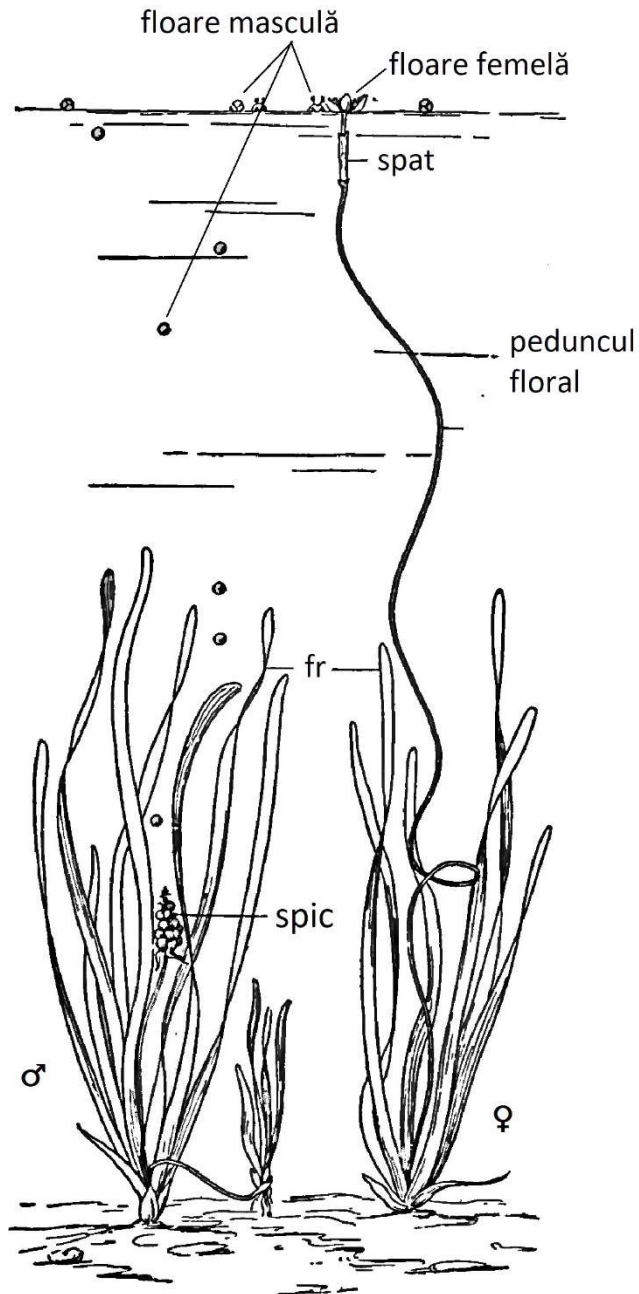


Fig. 325. Polenizarea la sârmuliță (*Vallisneria spiralis*); fr – frunză; (Coulter *et al.*, 1911)
(explicații detaliate în text)

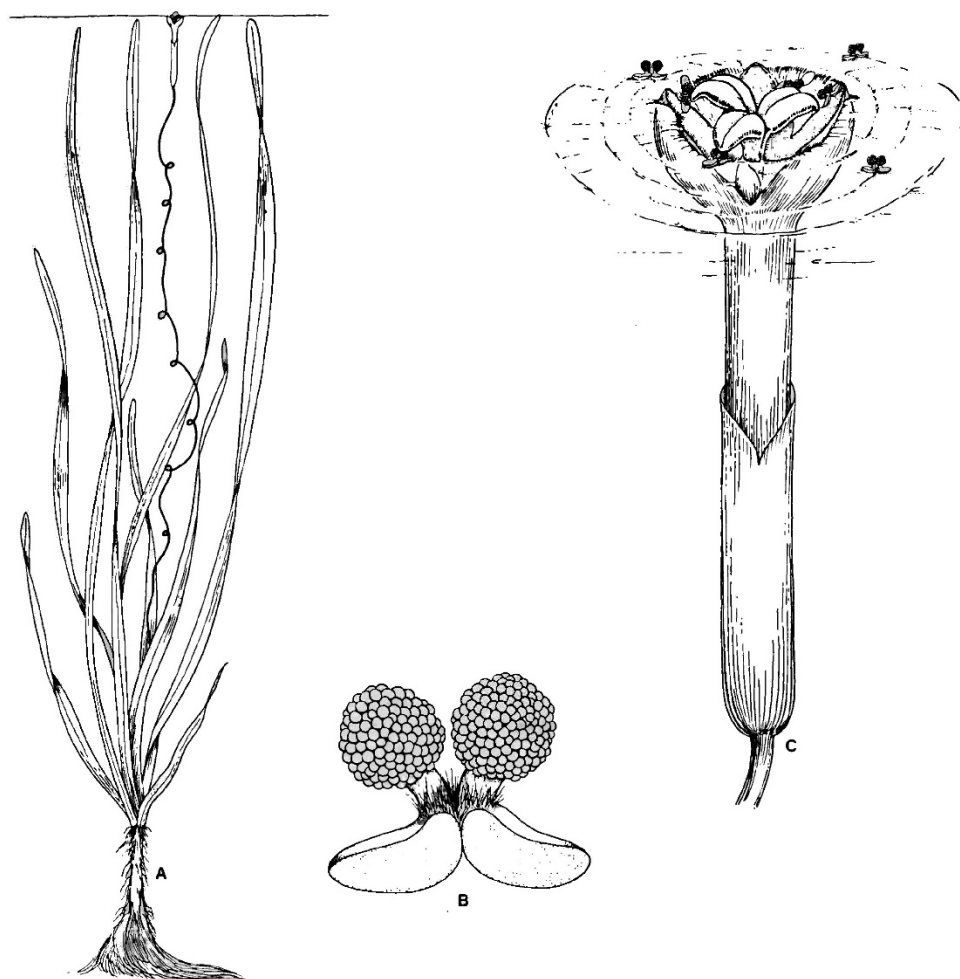


Fig. 326. *Vallisneria americana*: A – plantă femelă, cu o floare plutind pe suprafața apei; B – floare masculă; C – flori masculine asemănătoare unei bărci care vin în contact cu stigmatele florilor femele (Scagel *et al.*, 1984)

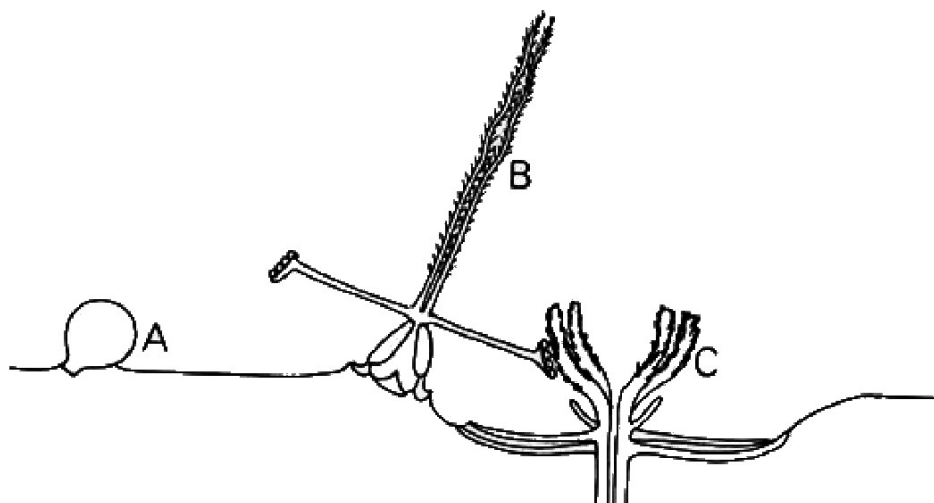


Fig. 327. Polenizarea la *Lagarosiphon*; A – mugur floral mascul plutitor pe suprafața apei; B – floare masculă (deschiderea mugurului) cu o anteră deschisă atingând stigmatul unei flori femele; C – floare femele (Cook, 1982)

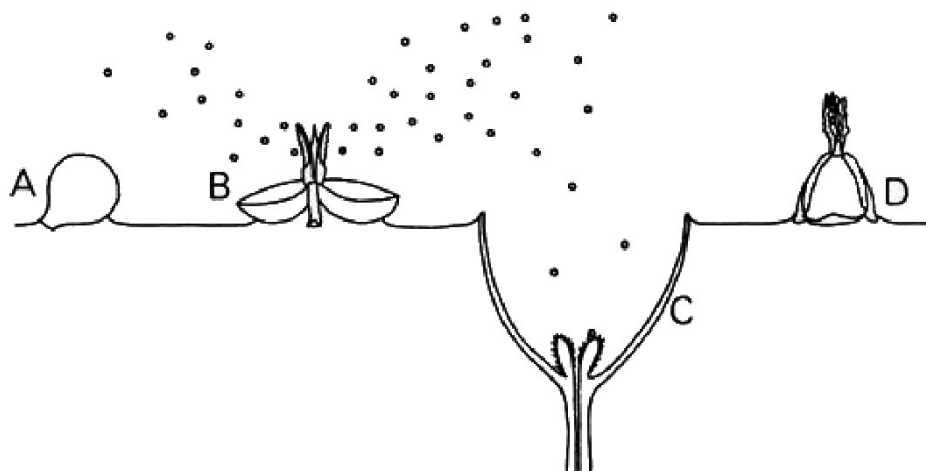


Fig. 328. Polenizarea la *Hydrilla verticillata*; A – Mugur floral mascul plutind pe apă; B – floare masculă eliberând polen în mod exploziv; C – floare femele care primește polen; D – floare masculă golită de polen (Cook, 1982)

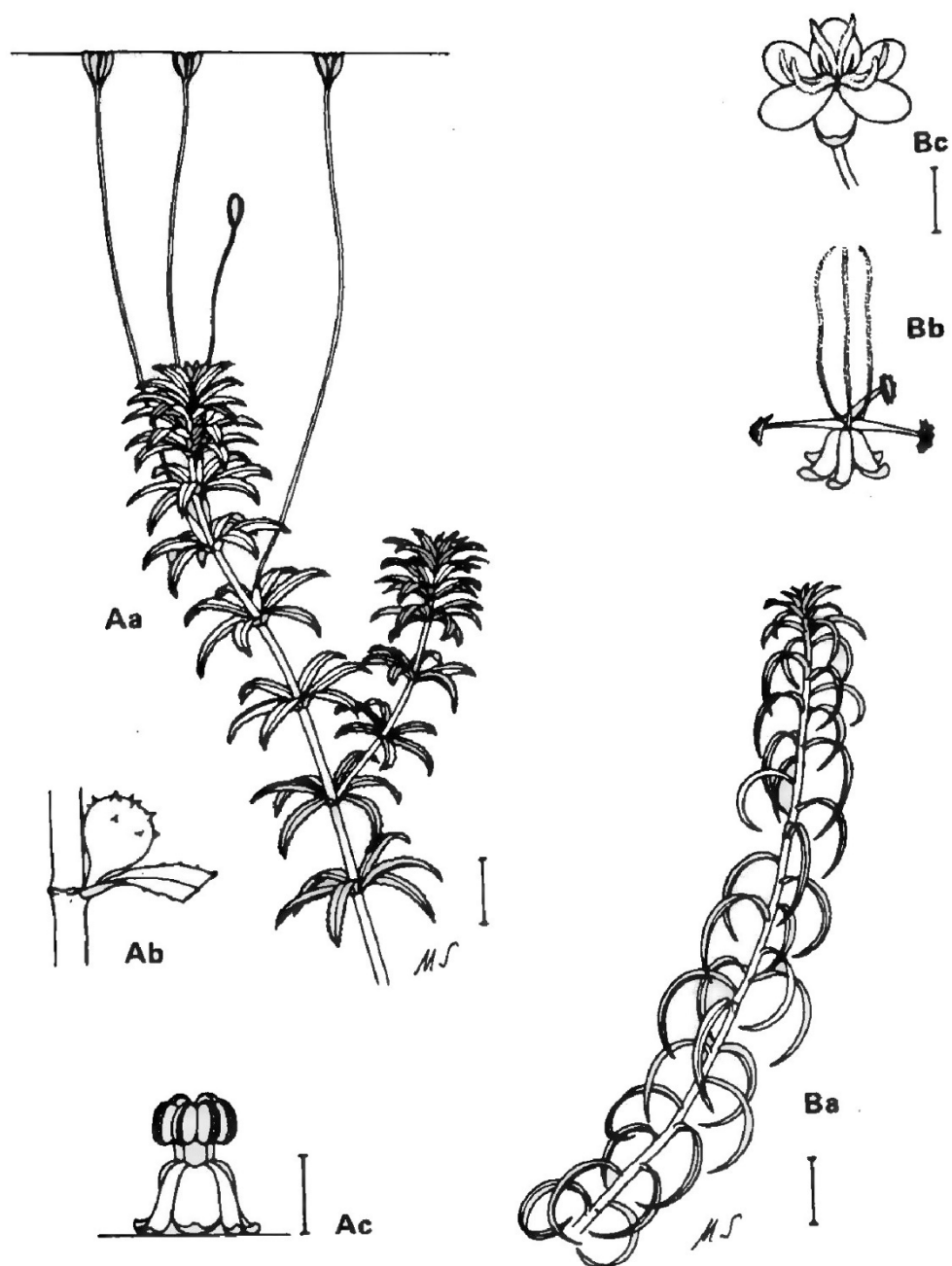


Fig. 329. A – *Hydrilla verticillata*: a, aspect general (1 cm); b, inflorescență masculă (1 mm); c, floare masculă; B – *Lagarosiphon muscoides*: a, aspect general (1 cm); b, floare masculă; c, floare femelă (1 mm) (Cook *et al.*, 1974)

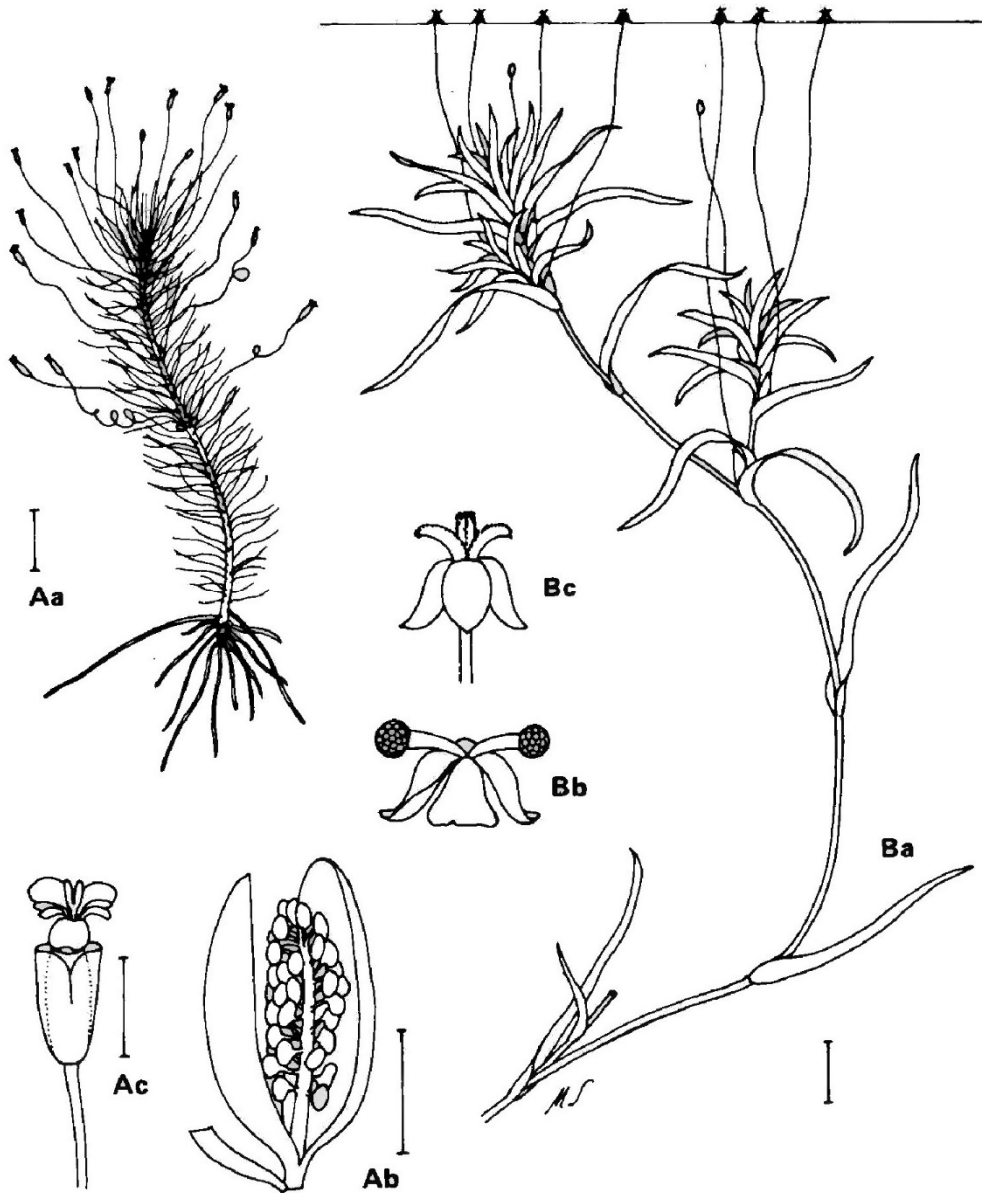


Fig. 330. A – *Maidenia rubra*: a, aspect general (1 cm); b, inflorescență masculă (1 mm); c, floare femelă (1 mm); B – *Nechamandra alternifolia*: a, aspect general (1 cm); b, floare masculă (1 mm); c, floare femelă (1 mm) (Cook *et al.*, 1974)

b. Polenul transportat pe suprafața apei (epihidrofilie umedă). Când polenizarea are loc pe suprafața apei, polenul este în contact direct cu apa (Philbrick, 1988). Aceste specii polenizatoare de suprafață folosesc diverse strategii pentru a menține polenul uscat și pe linia de plutire. Grăuncioarele de polen sunt adesea lungi, asemănătoare unor fire, și lipicioase și se adună în aglomerări. De exemplu, la unele specii de *Halodule*, *Halophila*, *Ruppia*, *Lepilaena* și *Amphibolis*, grăuncioarele de polen formează lanțuri care plutesc în interiorul unui strat mucilaginos; acesta protejează polenul de umezire și mărește dimensiunea efectivă a polenului, crescând astfel șansele acestuia de a ajunge la un stigmat (Cox, 1993). Stigmatul plutitor al plantelor epihidrofile creează depresiuni la suprafața apei (taxoni de apă dulce) sau sincronizează înflorirea cu fenomenele de maree (taxoni marini; Cox, 1988).

De exemplu, la genul de apă dulce, *Elodea*, floarea femelă este atașată de plantă printr-un peduncul lung, iar florile masculine sunt eliberate sub formă de muguri care plutesc la suprafață (Fig. 331). Floarea masculă se usucă și împrăștie polen pe suprafața apei, acolo unde plutește, și se deplasează spre floarea femelă. Șansele ca polenul să ajungă la floarea femelă par relativ mici, dar floarea aceasta are o adaptare care atrage grăuncioarele de polen. Sepalele sale sunt hidrofuge și formează o mică depresiune în jurul flori. Dacă un grăuncior de polen se află la aproximativ 1 cm de floarea femelă, acesta este atras spre stigmat, probabil din cauza modificărilor tensiunii superficiale (Voss, 1972; Cook, 1982).

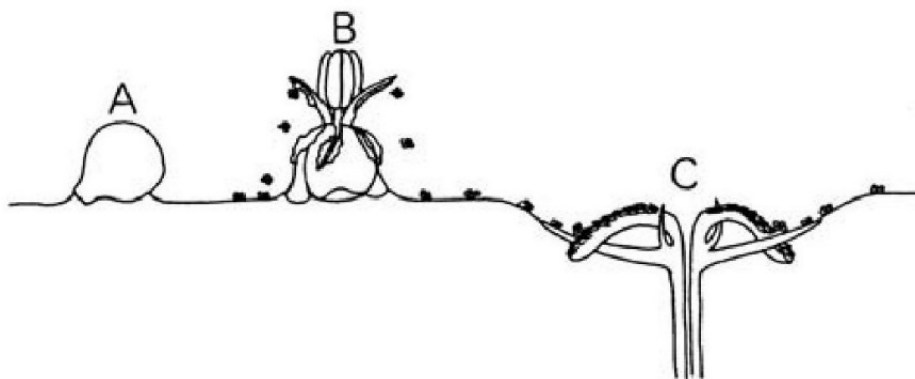


Fig. 331. Polenizarea la *Elodea nuttallii* – florile sunt polenizate pe suprafața apei, iar polenul este umectabil (epihidrofilie umedă); A – mugur floral mascul care plutește pe apă; B – florile masculine eliberând polen; C – floare femelă care colectează polen (Cook, 1982)

c. Polenul transportat sub suprafața apei (hipohidrofilie) implică transferul polenului în coloana de apă. A evoluat la plante care sunt întotdeauna scufundate și au puține șanse de polenizare la suprafața apei (Cox, 1993). În hipohidrofilie, polenul este eliberat sub apă, iar atât polenul, cât și stigmatele sunt umede în timpul polenizării. Hipohidrofilia apare atât la plantele marine, cât și la cele de apă dulce.

În unele cazuri, hipohidrofilia nu a fost observată, dar dedusă, deoarece florile sunt scufundate. Plantele care polenizează sub apă au polen plutitor negativ, care este filamentos sau sferic sau este eliberat în fire mucilaginoase.

La speciile marine, stigmatul este rigid și uneori papilato (cu proiecții la suprafață), purtat pe inflorescențe rigide, turtite, care sunt ținute în unghi drept față de substratul marin.

La taxonii de apă dulce, producția de polen este abundentă, iar stigmatul tinde să fie mic și filiform, purtat pe inflorescențe flexibile tridimensionale (Cox, 1988).

Cea mai comună formă de hipohidrofilie este „dușul de polen”, în care polenul este eliberat din florile masculine ridicate, dar adesea scufundate; acest „duș” stropește în jos, până la stigmatul scufundat, care sunt, în unele cazuri, destul de mari și specializate, cum sunt cele în formă de pâlnie la *Zannichellia palustris* (Fig. 332). Această specie este monoică (florile masculine și cele femele sunt separate, dar pe aceeași plantă), cu floarea masculină deasupra florii femele. Polenul este eliberat sub formă de „nori” plutitori care eliberează încet grăuncioare de polen rotunde pe stigmatul de dedesubt. O plantă poate produce peste 2 milioane de semințe în 5 luni.



Fig. 332. *Zannichellia palustris* – flori care captează „nori” plutitori de polen care sunt eliberați din florile masculine situate deasupra; planta submersă are flori femele în formă de pâlnie în axilele frunzelor, care pot îmbunătăți captarea polenului; floarea masculină este localizată mai sus (Voss, 1972)

d. *Polenizarea la suprafață și sub nivelul apei.* Unele specii combină epihidrofilia și hipohidrofilia. În general, acestea sunt specii marine, atât cu populații expuse mării, care eliberează polen pe suprafața apei, cât și populații complet inundate, care nu sunt niciodată expuse mării. Floarea masculă de la *Phyllospadix scouleri* eliberează polen filamentos care se adună în grămezi asemănătoare fulgilor de nea. Polenul este eliberat atât pe, cât și sub suprafața apei. Curenții de apă transportă plutele de polen către florile femele plutitoare sau scufundate. *Zostera marina*, care crește în regiunile de coastă din Atlantic și Pacific (dar și în România, în zonele de coastă ale Mării Negre și ale lacurilor litorale), eliberează polen uleios, hidrofug și alungit, care formează aglomerări și plutesc, odată cu curenții, pe stigmatul plutitoare. De asemenea, eliberează mănunchiuri liniare de polen lung, sub formă de fir, care sunt interceptate de stigmatele de sub suprafața apei.

3. Plante zoidofile (polenizate cu ajutorul animalelor, îndeosebi insecte)

Acest tip de relație mutualistă este reciproc avantajos: plantele sunt polenizate, iar animalele găsesc hrană, loc de depunere a pontei, adăpost (temperatura din floare fiind adesea mai ridicată decât afară). Această condiționare reciprocă, pe termen scurt și, mai ales, pe termen lung apare foarte importantă în pădurile ecuatoriale (unde nu bate vântul); aici insectele asigură polenizarea; dispariția lor ar însemna dispariția pădurilor cu toată bogăția lor floristică și faunistică.

Mărimea, culoarea, mirosul florilor reprezintă semnale care arată animalelor prezența hranei (nectar, polen).

Polenizatorii animalii sunt foarte importanți: 1/3 din producția agricolă a SUA se datorește albinelor și altor animale; 75% din plantele alimentare și medicinale depind de polenizatori animalii; în total, 90% dintre plantele cu flori depind de acești polenizatori.

Categorii de plante zoidofile:

a. Plante entomofile (polenizate de insecte)

– *Coleopterele* (gândacii) polenizează flori mari, cu mult polen și nectar, cu piese florale groase, fragede (pe placul insectelor) și cu dispozitive speciale, care rețin o vreme „prizonierii”: specii de *Rosa* (trandafir), *Ranunculus* (piciorul cocoșului), *Nymphaea* (nufăr), *Victoria amazonica* (nufărul de Amazon), dar și flori mici, grupate însă în inflorescențe mari, precum cele de la *Daucus* (morcov), *Sambucus* (soc), *Achillea* (coada șoricelului). Multe dintre florile acestor cantarofile sunt găurite de cărăbuși încă din boboc (deci, fără ca insectele să atingă staminele și stigmatele): *Digitalis* (degețel), *Anthirrinum* (gura leului), *Tropaeolum* (condurași), *Aquilegia* (căldărușa) ș.a.

– *Dipterele* (muștele) (Fig. 333) polenizează flori cu parfum dulceag, neplăcut (miros de cadaverină), ce mimează mirosurile de cadavre și dejecție. Aceste plante sunt polenizate de muște care „cred” că floarea este carne putredă și depun pontă în ea; deci larvele mor (dacă planta „ucide” larvele în profitul ei). Există și

plante cu flori care mimează miros de ciuperci (*Aristolochia*, *Rafflesia* – parazită pe rădăcinile arborilor tropicali din Filipine și are floarea cu diametrul de 1 m).

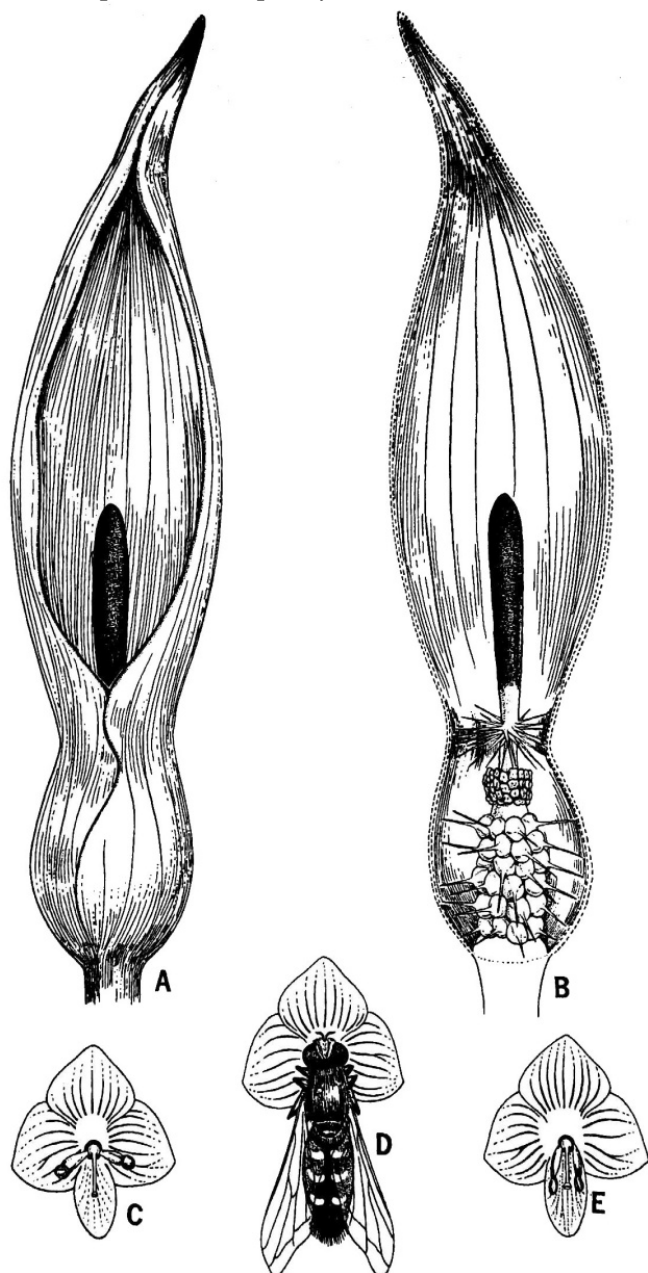


Fig. 333. Plante cu flori dipterofile: A, B – *Arum maculatum*; C, D, E – *Veronica* sp.; floare înainte – C, în timpul – D și după vizita insectei – E (Meeuse, 1961)

– *Lepidopterele* (fluturii) (Fig. 334; 335) polenizează plantele ce au flori cu corolă tubulară în care intră spiritrompa fluturului; corola este albă sau deschisă la culoare, cu nectar, parfum, reperabile la întuneric ori la lumină slabă: *Lotus* (ghizdei), *Ajuga* (vinețică), *Syringa* (liliac), *Hyacinthus* (zambilă), multe compozee (margareta, floarea-soarelui, păpădia) și cariofilacee (garioafe).

– *Himenopterele* (albine, viespi, bondari, furnici) (Fig. 336, 337), cei mai eficace colectori de polen, polenizează plante cu flori zigomorfe, ce au mult nectar și suprafață de aterizare: compozee, leguminoase, labiate, tiliacee ș.a.; excepție fac unele orhidee. Furnicile vizitează plante cu nectarii extraflorale și ghidează viespile, albinele, bondarii spre staminele florii.

b. Plante ornitofile (polenizate de păsări)

Păsările (colibri, papagali) polenizează plante ce au flori de culori foarte vii (roșii, albastre), plăcut mirositoare sau inodore, tubuloase, lungi, pendente, cu mult nectar: specii de *Acacia* (din Australia), *Campanula* (clopoței), *Strelitzia*.

Un exemplu tipic este cel al polenizării la *Marcgravia nepenthoides*, de către păsările colibri (Fig. 338). Aceasta este o plantă cățărătoare care urcă la o înălțime mare și are flori pendule, cu pedunculi lungi, dispuse în cerc. O prelungire a axei inflorescenței poartă o serie de glande nectarifere în formă de ulcior, cu deschiderile orientate spre flori. Lichidul conținut în aceste recipiente este căutat de insecte, care atrag la rândul lor numeroase păsări insectivore, printre ele numărându-se multe specii de colibri. Acestea ating cu spatele anterele pendule, frecându-se de polen pe care îl transferă pe stigmatul florilor atunci când vizitează o altă floare.

c. Plante chiropterofile (polenizate de lilieci) (Fig. 339, 340)

Liliecii polenizează plante cu flori mari, robuste, parfumate, cu mult polen și nectar, care au corola în formă de clopot, de culori șterse, mohorâte, cu miros de soarece; florile se deschid seara, când zboară liliecii. Astfel sunt polenizate specii tropicale de leguminoase, bignoniaceae, bombacacee (*Adansonia digitata* – baobab, cu flori albe).

Mai rare sunt plantele polenizate de marsupiale mici, lemurieni, rozătoare (specii de mirtacee și hipericacee din Australia, Costa Rica și Madagascar) și chiar melci (specii de *Aspidistra*).

Condiții favorabile pentru realizarea zoidofiliei

a. Condiții care privesc floarea: să aibă polen și, de dorit, nectar pentru animale; să aibă adaptări pentru descoperirea și exploatarea lor, adică să aibă miros și culoare ca stimuli atractivi, polen cleios, care să fie adeziv la corpul animalului, ori să fie grupat în polinii (ca la orhidee); să fie sincronism fiziologic între înflorire, secreția de nectar și elaborare de parfum; să fie un sincronism ecologic între plantă și polenizator (fenologia florală și activitatea animalului); să fie, plantele și animalele, în biotopuri apropiate.

b. Condiții care privesc polenizatorul: să tragă folos din vizita făcută florii (adică să găsească nectar și polen); să ia polenul și nectarul în așa fel încât să nu

lezeze floarea, distrugându-i ovarul; să găsească loc de aterizare pentru odihnă, întâlnire și loc mai cald pe/în floare.

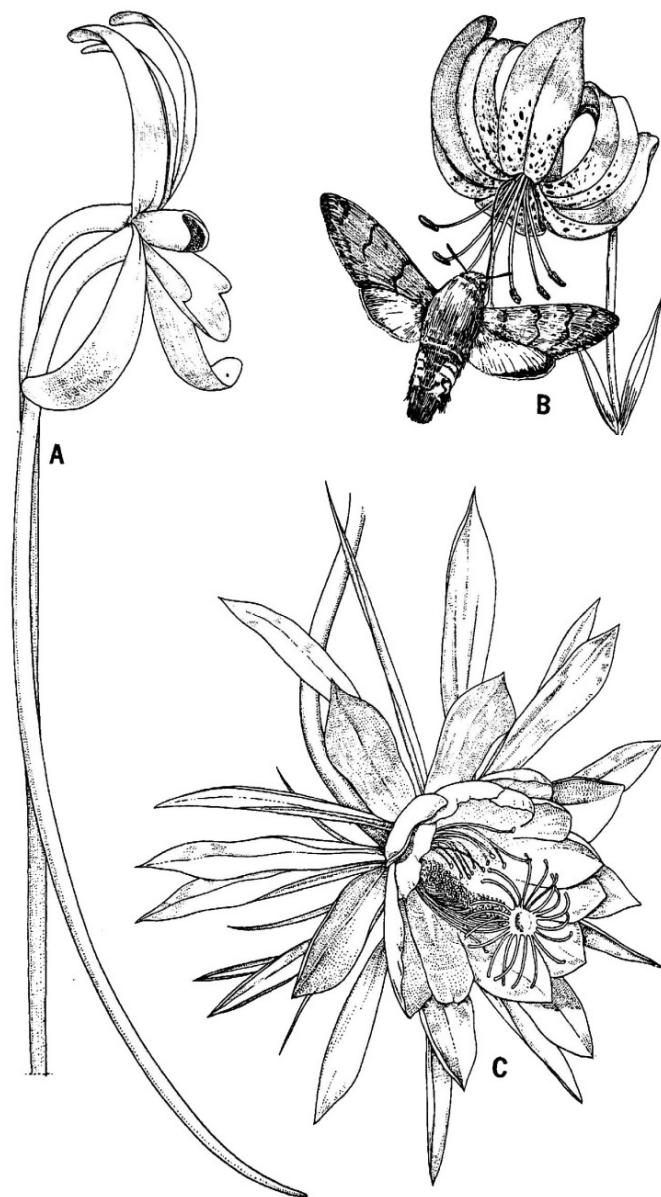


Fig. 334. Plante cu flori lepidopterofile: A – *Anagraecum sesquipedale*, cu o extensie prelungită a corolei; B – *Lilium martagon* vizitat de fluture; C – *Phyllanthus*, cactus care înflorește noaptea (Scagel *et al.*, 1984)



Fig. 335. Molie vizitând o floare de *Petunia*; sus – se observă tubul lung al corolei și trompa lungă a moliei; jos – molie (stânga), alături de o pasăre colibri, cu care adesea poate fi confundată (Knuth, 1906; Coulter *et al.*, 1911)

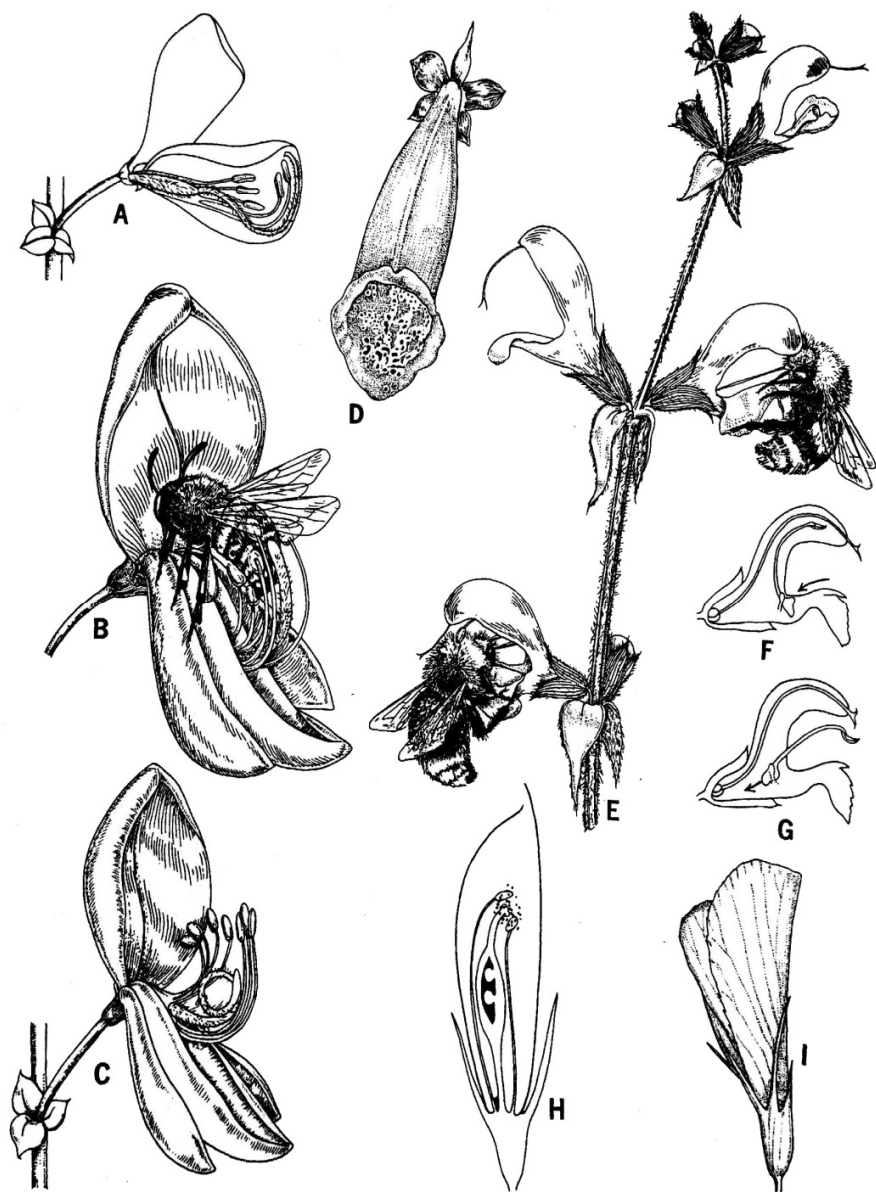


Fig. 336. Plante cu flori himenopterofile: A–C, *Sarcothamnus scoparius*; A – secțiune printr-o floare cu stamine și stil ascunse în perechea de petale unite; B – insecta vizitatoare declanșează contactul cu staminele și stigmatul; C – floare „capcană” arătând viitoarea spiralizare a stilului; D – *Digitalis purpurea*; E – *Salvia pratensis*, cu bondari vizitând floarea; F, G – secțiuni prin floare, arătând mecanismul de tip pivot de la baza filamentului, care aduce antera în jos, pe spatele insectei; H, I, floare de tip *Trifolium* – glandă nectariferă la baza carpelei (Scagel *et al.*, 1984)

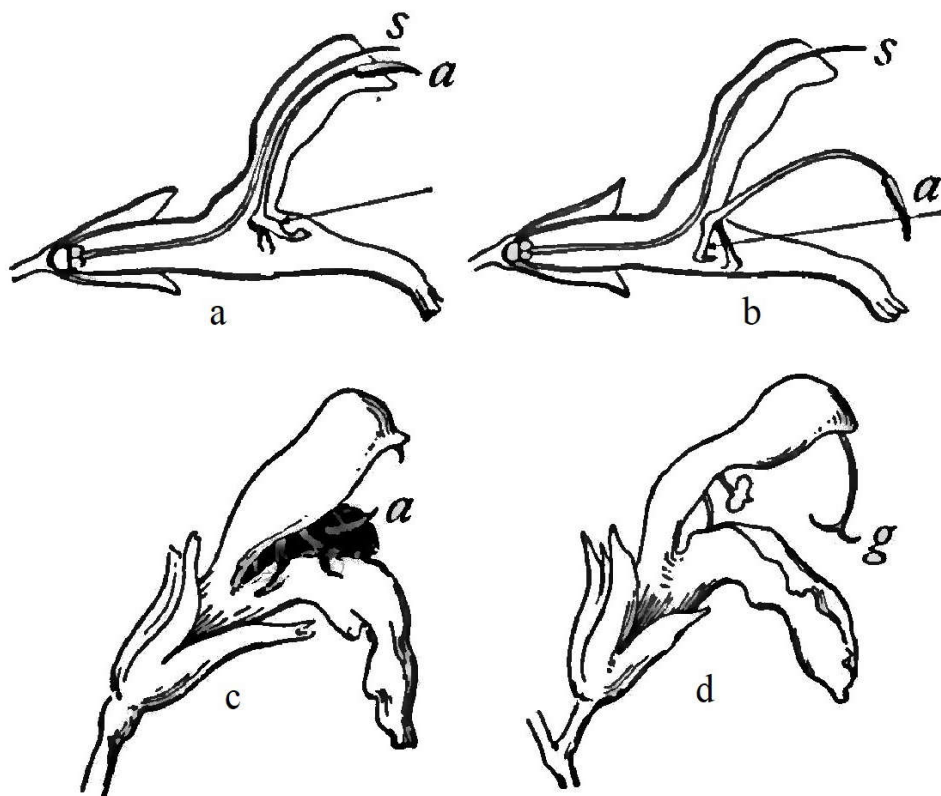


Fig. 337. Flori de *Salvia*, ilustrând polenizarea de către albine; a – o floare de *Salvia glutinosa* în secțiune longitudinală, săgeata indicând direcția luată de albinele vizitatoare; s – stil; a – anteră; b – secțiune similară arătând brațul inferior al „mânerului” împins în spate de o albină care intră, antera purtătoare de polen (a) fiind astfel deflexată în așa fel, încât să aducă polenul peste insectă; c – o floare de *Salvia* în care a intrat o albină, antera (a) fiind în contact cu albină; d – o floare mai veche, care arată stigmatul (g) într-o astfel de poziție, încât să vină în contact cu o albină care pătrunde în floare (Coulter *et al.*, 1911)

Factori care favorizează sau defavorizează zoidofilia

- Zonele cu climat rece și vântos sunt nefavorabile insectelor; unele specii de plante entomofile în zone mai nefavorabile, devin anemofile aici.
- Chiar în aceeași zonă (din Africa tropicală), plantele de la sol sunt anemofile (aici fiind mai rece), iar arbuștii și arborii (cu flori mai sus) sunt entomofili.
- În zona tropicală umedă, stejarii și gramineele (toate plante anemofile) sunt entomofile, chiropterofile, deoarece condițiile sunt nefavorabile pentru transport prin vânt; animalele caută loc de pontă și repaus.

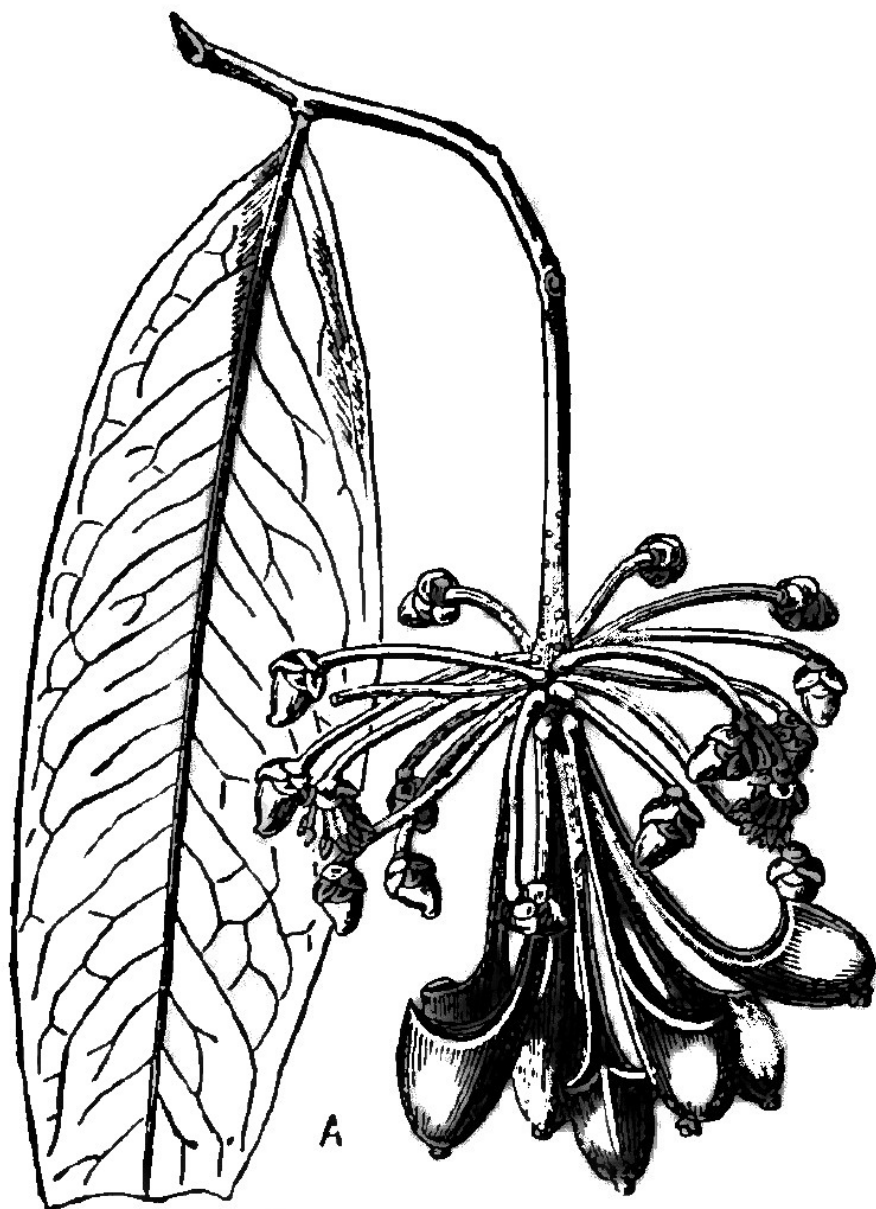


Fig. 338. *Marcgravia nepenthoides* – floare polenizată de păsările colibri:
A – glandă nectariferă (Knuth, 1906)



Fig. 339. *Kigelia aethiopica* – arbore polenizat de lilieci; florile și, mai târziu, fructele, atârnă de pediceli lungi, facilitând abordarea de către lilieci (Meeuse, 1961)

În concluzie, polenizarea este asigurată de relații mutualiste reciproc avantajoase pentru plantă și animal: planta își asigură polenizarea, iar animalul caută hrană, depune pontă, găsește un adăpost (temperatura din floare este mai ridicată decât afară). Insectele au apărut în Devonian, ca și gimnospermele (acum 350 milioane de ani), iar angiospermele în Cretacic (acum 145 milioane ani), deci este vorba de o *coevoluție* a plantelor și animalelor polenizatoare.

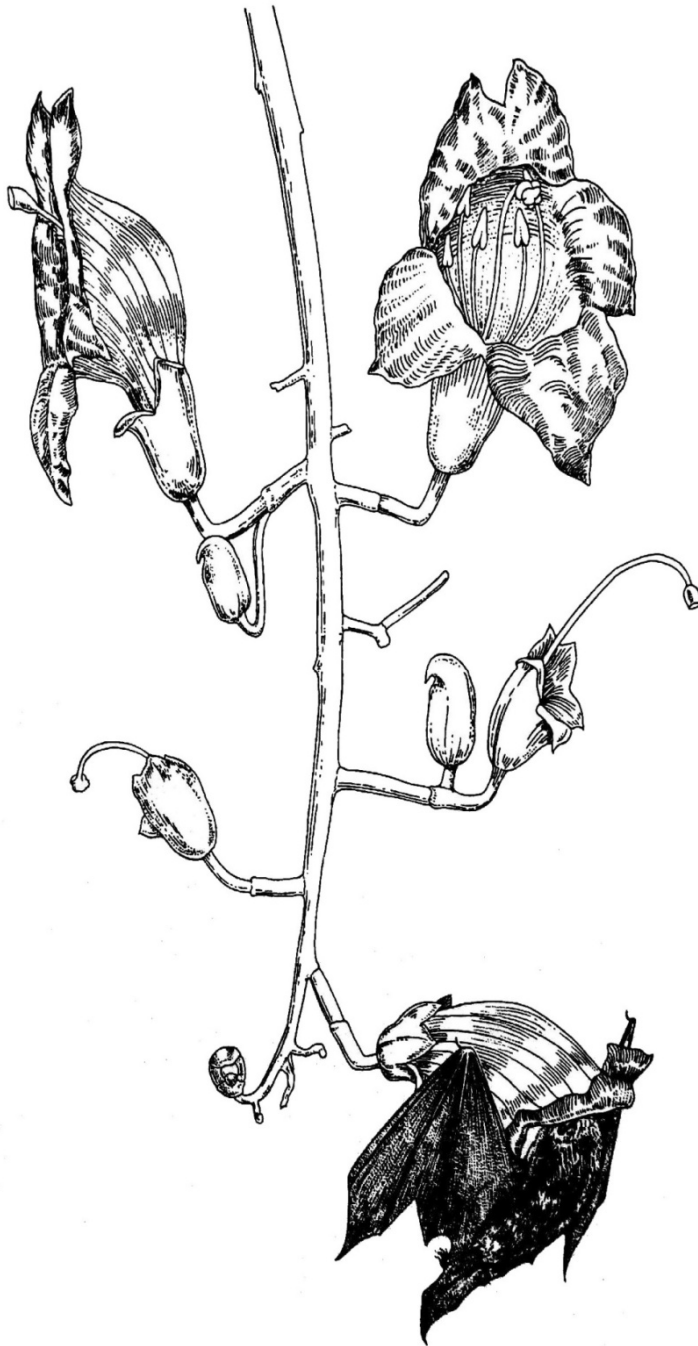


Fig. 340. Liliac polenizând arborii – *Kigelia* sp. (Meeuse, 1961)

Mirosurile, culorile, mărimea florilor și inflorescențelor sunt doar semnale care anunță prezența în floare a hranei (polen, nectar), a locului bun pentru depunerea pontei, a adăpostului mai călduros. Uneori, semnalul („reclama”) ascunde o păcăleală și o înșelătorie (precum în cazul multor orhidee lipsite de nectar).

Florile au adesea glande nectarifere, dar mai mult sau mai puțin ascunse: polenizatorul trebuie să „muncească” pentru a ajunge la ele, iar pe acest traseu, cu multe bariere, colectează polen, pe care îl va depune pe stigmatul altei flori (vorbit de o polenizare încrucișată, caracteristică celor mai multe – 90% – dintre plante).

Planta cheltuiește multă energie pentru a realiza semnale (sepale, petale, formațiuni secretoare) și răsplătă (nectar, polen) pentru polenizator. Întrebarea care se poate pune este care din cele două (semnale și răsplătă) este mai rentabilă pentru plantă și pentru polenizator. Pentru plantă, soluția este să dea mai întâi semnale eficiente și apoi hrană animalelor, deoarece dacă hrana ar fi foarte abundentă, polenizatorul s-ar sătura dintr-o floare și vizitele lui ar fi foarte rare; așadar, planta manipulează comportamentul insectei, sporind eficiența ei în procesul de polenizare.

Funcția finală a florii este de a produce semințe.

SĂMÂNȚA

Sămânța, caracteristică gimnospermelor și angiospermelor, rezultă din ovul, în urma procesului de fecundație.

Forma generală a seminței depinde de forma ovulului din care provine (Fig. 341).

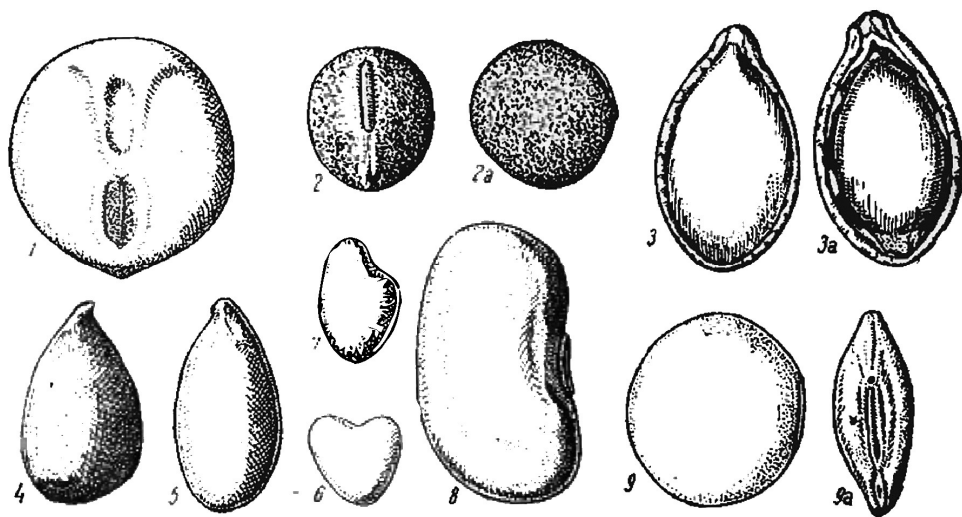


Fig. 341. Forme de semințe: 1 – sferică la mazăre (*Pisum sativum*); 2 – mazărice de primăvară (*Vicia sativa*), 2 a – aceeași văzută lateral; 3 – ovoidă la dovleac (*Cucurbita pepo*), 3a – aceeași, cu tegumentul seminal parțial îndepărtat, văzându-se embrionul; 4 – la măr (*Malus pumila*); 5 – la in (*Linum usitatissimum*); 6 – cordată la trifoiul alb târător (*Trifolium repens*); 7 – asimetric-cordată la trifoiul roșu (*Trifolium pratense*); 8 – reniformă la fasole (*Phaseolus vulgaris*); 9 – lenticulară la linte, 9a – aceeași văzută în partea hilului (Todor, 1958)

Mărimea seminței variază în limite foarte largi: de la semințe foarte mici, abia vizibile cu ochiul liber (orhidee), mici de 2-3 mm (mac, tutun), mari (nuc, castan porcesc, cocos), până la foarte mari, cum ar fi la palmierul *Lodoicea maldivica* (coco-de-mer, sin. *Lodoicea seychellarum* – Fig. 342A), alături de alte specii de palmieri (Fig. 342); la *L. maldivica*, o sămânță poate cântări până la 17,6-24 kg, fiind considerată cea mai mare din regnul vegetal.

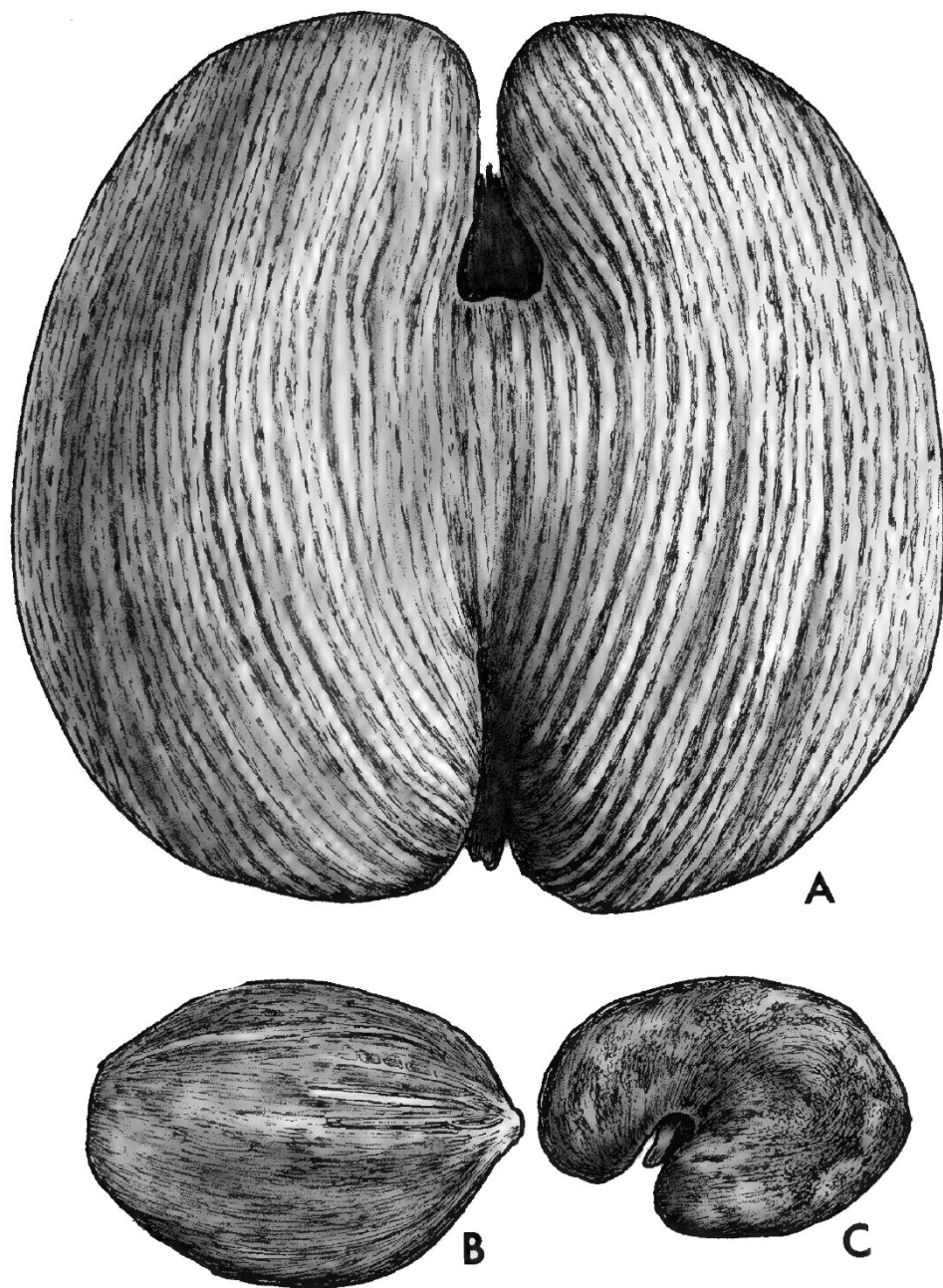


Fig. 342. Cele mai mari 3 semințe cunoscute: A – *Lodoicea maldivica*; B – *Cocos nucifera*; C – *Mora oleifera* (Gunn și Dennis, 1976)

Istoria speciei *L. maldivica* este foarte interesantă, fiind strâns legată, firește, de dimensiunile mari ale fructului (endocarpului și, implicit, ale seminței) (Gunn și Dennis, 1976; Emboden, 1974). *Coco-de-mer* mai este, de asemenea, cunoscut sub numele de nucă de cocos de mare și nucă de cocos dublă, deși nu este o rudă apropiată a nucii de cocos adevărată (*Cocos nucifera*). *Coco-de-mer* este strâns legată de *Borassus flabellifer* și *Manicaria saccifera*. Fructele (endocarpii) care plutesc în derivă erau cunoscute cu sute de ani înainte ca arborii parentali să fie descoperiți pe insulele adiacente din arhipelagul Seychelles. Arhipelagul se află la aproximativ 1000 km nord-est de Madagascar. Una dintre primele mențiuni publicate despre acest endocarp gigant a fost făcută de Pyrrard (1611) care a descris endocarpii colectați de pe plajele insulelor Maldive. Aceste insule se află la 2300 km nord-est de Seychelles și la aproximativ 800 km sud-vest de India. În secolele al XVI-lea și al XVII-lea, se credea, în general, că endocarpii posedau proprietăți aproape magice ca medicament și ca afrodisiac. Până când Seychelles au fost descoperite de Mahé de la Bourdonnais în 1743, endocarpii au fost vânduți la prețuri exorbitante. Chiar și după descoperirea insulelor, endocarpii individuali se vindeau cu aproximativ 400 de lire sterline (Rochon, 1802). În timp ce prețul din 1973 al endocarpilor naturali este de doar câțiva dolari, aceștia rămân o sursă de venit pentru populația din Seychelles. Endocarpii sunt adesea lustruiți, prevăzuți cu balamale, și decorați și vânduți la un preț mult mai mare. Endospermul interior, de consistență gelatinoasă, este servit ca o delicată de către locuitorii din Seychelles.

Numărul de semințe într-un fruct variază de la 1 (graminee, compozee, prunoidee, multe apetalae: fag, nuc, stejar, alun), la 10 (pomoidee), zeci până la sute (cucurbitacee) și chiar mii (orhidee).

Alcătuire generală a seminței

O sămânță este alcătuită din:

- (1) tegument – provine din integumentul extern sau din unicul integument al ovulului;
- (2) embrion – provine din numeroasele diviziuni ale zigotului principal (diploid), rezultat din fecundarea oosferei din sacul embrionar de către o spermatie;
- (3) albumen sau endospermul (primar, haploid la gimnosperme și secundar, triploid la angiosperme, unde provine din diviziuni repetate ale zigotului accesoriu).

1. Tegumentul (cu rol protector)

Suprafața poate fi netedă (fasole, mazăre), reticulată (tutun, sparceță), aripată (gimnosperme), cu peri (salcie, plop, bumbac). Acesta poate prezenta anexe uscate și cărnoase.

Anexele uscate sunt:

- hilul – cicatrice rămasă în urma ruperii seminței de funicul;
- micropilul – proeminență cu un por în mijloc (pe unde va ieși radica la germinarea seminței);
- rafeul – proeminență întinsă de la hil la șalază (ricin, fasole, mazăre).

Anexe cărnoase (la fructele în curs de maturare) (Fig. 343) – servesc la răspândirea semințelor de către furnici și păsări, reprezentând înmuguriri ale tegumentului la nivelul micropilului și al hilului.

- arilul – se întinde ca o cupă, de la hil, putând fi parțială (nufăr – *Nymphaea alba* – fam. *Nymphaeaceae*) sau totală (nușoară – *Myristica fragrans* – fam. *Myristicaceae*);
- ariloid – pe toată suprafața seminței (salbă moale – *Euonymus europaeus* – fam. *Celastraceae*);
- carunculul – acoperă micropilul (ricin);
- strofiola – expansiune a rafeului (rostopască – *Chelidonium majus* – fam. *Papaveraceae*) (Toma et al., 2003).

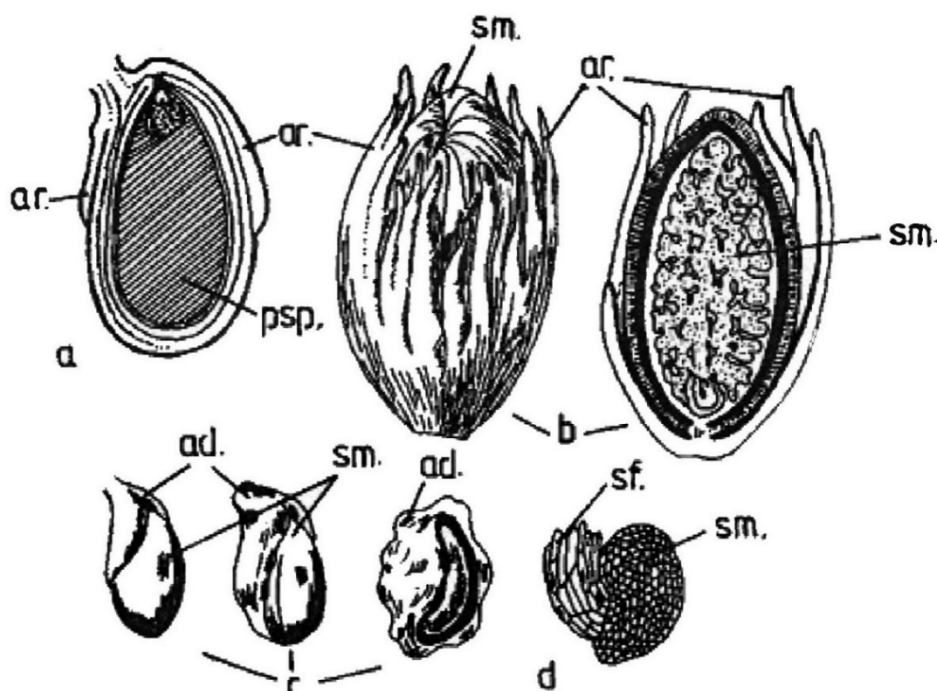


Fig. 343. Anexele cărnoase ale seminței: a, b – aril – *Nymphaea alba* (a), *Myristica fragrans* (b), dreapta – secțiune longitudinală; c – ariloid – *Euonymus europaeus* (în dezvoltare); d – strofiolă – *Chelidonium majus*; ad – ariloid; ar – aril; sf – strofiolă; psp – persisperm; sm – sămânță (Toma et al., 2003)

Uneori, tegumentul se diferențiază în testă la exterior și tegmen la interior. Testa prezintă mai multe straturi de celule moarte, cu pereți duri, îngroșați și lignificați; stratul extern este o epidermă, uneori formată din celule ce amintesc de forma palisadică; celelalte straturi au celule diferit conformată (de exemplu în formă de mosor la bob); la tutun, neghină ș.a. testa este unistratificată. Tegmenul este moale, alcătuit din celule cu pereți subțiri, celulozici, formând mai multe straturi.

2. Embrionul (componenta vie, esențială a seminței)

Cuprinde patru componente: radiculă, tigela, gemula și cotiledoanele (Fig. 344-347).

- Radicula* (învelită de coleorhiză la graminee) se află lângă micropil și va da naștere rădăcinii principale.
- Tigela* sau axa hipocotilă se află în continuarea radiclei și va da naștere internodului bazal al tulpinii, numit hipocotil.
- Gemula* sau plumula (mugurașul), învelită de coleoptil la graminee, se află între cele două cotiledoane sau la baza cotiledonului la monocotiledonate; ea va da naștere tulpinii cu frunze inserate la noduri.
- Cotiledoanele* sau primele frunze: 1 la monocotiledonate, 2 la dicotiledonate, 2-15 la gimnosperme; pot fi subțiri, foliacee la ricin (cu albumen), groase, foliacee la fasole (fără albumen), în formă de scut, cu rol absorbant, la graminee (cu albumen).

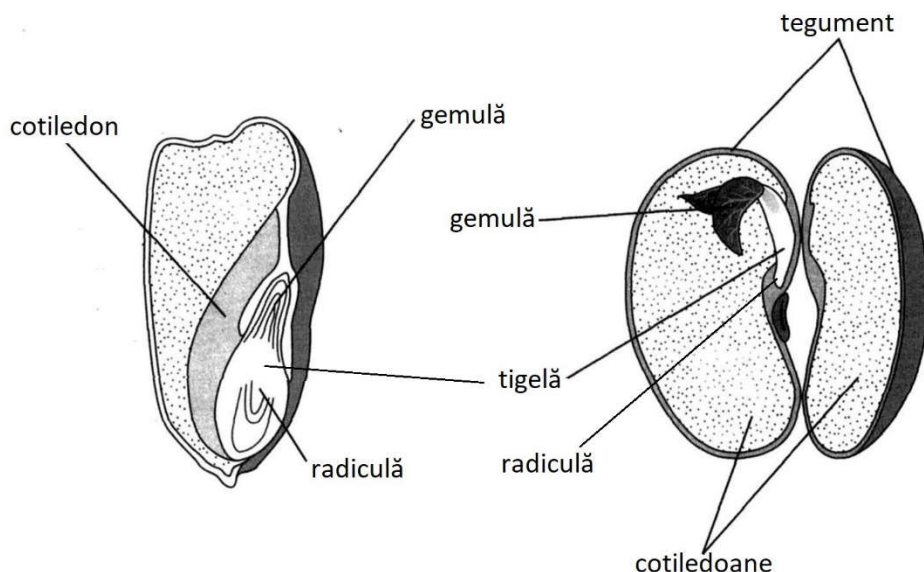


Fig. 344. Schemă comparativă simplificată – alcătuirea seminței la monocotiledonate (stânga) și dicotiledonate (dreapta) (Schooley, 1997)

3. Endospermul primar și endospermul secundar (albumenul)

Reprezintă țesutul de rezervă al seminței, deși diferit ca origine la cele două grupe mari de plante – cu flori: gimnosperme și angiosperme. La gimnosperme, endospermul primar este format din celule haploide, rezultând din diviziunile repetate ale macrosporului.

La angiosperme, endospermul secundar (albumenul) este format la început din celule triploide și apoi diploide, rezultând din diviziunile repetate ale zigotului accesoriu (care a luat naștere în urma fecundării nucleului secundar, diploid, al celei centrale din sacul embrionar de către o spermatic) (Toma *et al.*, 2003).

Marea majoritate a plantelor superioare au semințe albuminate, deci cu un țesut special de rezervă (ricin, graminee ș.a. – Fig. 345, 347); puține plante au semințe exalbuminate, deci lipsite de un țesut special de rezervă; în acest caz, substanțele de rezervă se depozitează în cotiledoanele embrionului (leguminoase, compozee) (Fig. 346) (Toma *et al.*, 2003).

Alteori, nucela ovulului nu dispare, ci chiar se hipertrofiază, acumulând o parte relativ mare din rezervele viitoare seminței; acest țesut nutritiv al embrionului, rezultat din nucelă, aflat în afara albumenului, se numește *perisperm* (măr, piper, sfeclă, garioață, nufăr – *Nymphaea alba*, fam. *Nymphaeaceae*).

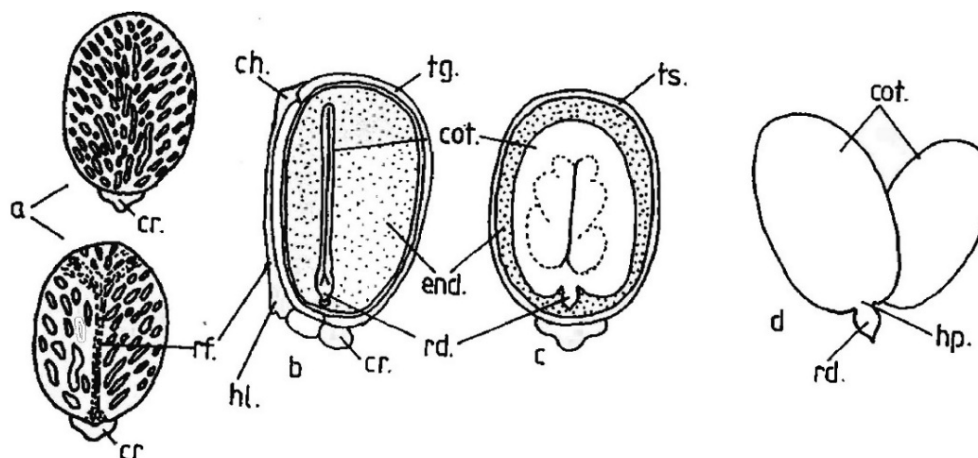


Fig. 345. Morfologia seminței albuminate la *Ricinus communis*: a – văzută dorsal (sus) și ventral (jos); b, c – secțiuni longitudinale prin rafeu (b) și paralel cu cele două fețe (c); d – embrion, inclusiv cotiledoanele foarte subțiri, scheme; ch. – chalază; cr. – caruncul; cot. – cotiledoane; end. – endosperm (albumen); hp. – axă hipocotilă; hl. – hil; rd. – radiculă; rf. – rafeu; tg. – tegument; ts. – testă (Toma *et al.*, 2003)

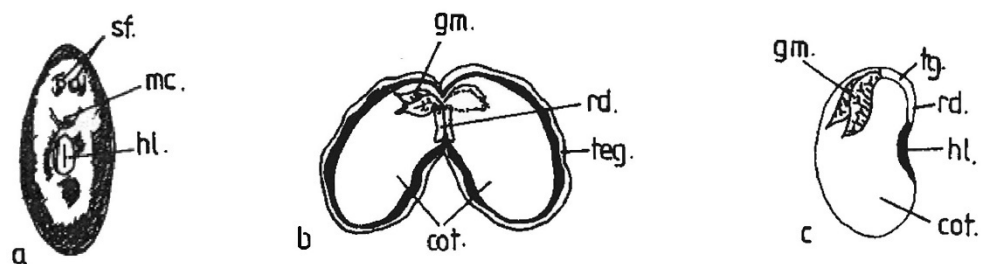


Fig. 346. Morfologia seminței exalbuminate la *Phaseolus vulgaris*; a – văzută ventral; b – cu cotiledoanele desfăcute; c – o jumătate, cu embrion și fără tegument; cot. – cotiledon; gm. – gemulă; hl. – hil; mc. – micropil; rd. – radiculă; sf. – strofiole; teg. – tegument; tg. – tigelă (Toma *et al.*, 2003)

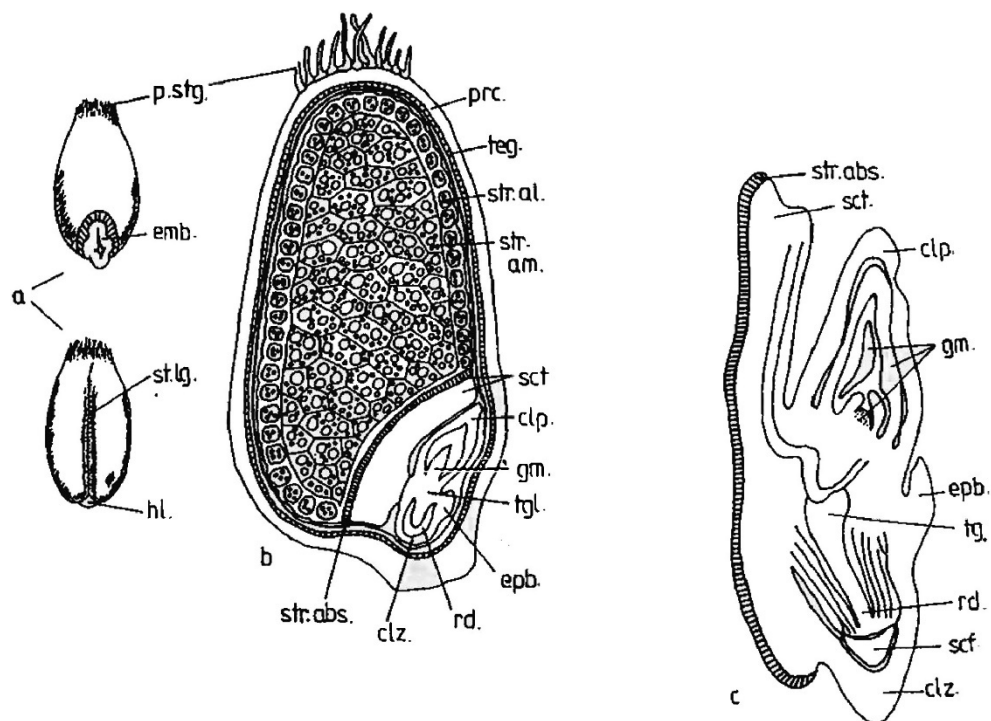


Fig. 347. Morfologia și structura cariopsei la grâu (*Triticum aestivum*): a – văzută dorsal (sus) și ventral (jos); b – secțiune longitudinală, detaliu; c – embrion, schemă: clp. – coleoptil; clz. – coleoriză; emb. – embrion; epb. – epiblast; gm. – gemulă; hl. – hil; p. stg. – peri stigmatici; prc. – pericarp; rd. – radiculă; scf. – scufie; sct. – scutellum; str. – straturi (abs. – absorbant; al. – de celule cu aleuronă; am. – amilifer); șt. lg. – șanț longitudinal; teg. – tegument; tg. – tigelă (Toma *et al.*, 2003)

FRUCTUL

Fructul, numit și pericarp, este caracteristic angiospermelor, rezultând în principal din ovarul florii, în urma procesului de fecundație.

După concepția lui M. Gușuleac (1938), ar trebui numit fruct tot ceea ce provine din gineceu și din celelalte părți ale florii, îndeosebi din receptacul.

În alcătuirea pericarpului intră componente distincte: epicarpul (exocarpul), mezocarpul și endocarpul, cu origine, structură și consistență adesea diferite.

Epicarpul provine din epiderma externă a carpelei; uneori, la alcătuirea lui participă și câteva straturi de epidermă, devenind relativ dur (cucurbitacee: dovleac, pepene).

Mezocarpul provine din mezofilul carpelei; în el se găsesc fascicule conducătoare, iar uneori elemente mecanice (sclereide) și secretoare.

Endocarpul provine din epiderma internă a carpelei; uneori, la alcătuirea lui participă și câteva straturi de celule din partea internă a mezocarpului, care se sclerifică și se lignifică puternic (prunoidee: prun, cireș).

Consistența pericarpului poate fi cămoasă sau uscată.

- a. Pericarpul cărnos își datorește această însușire mezocarpului, format în acest caz din celule parenchimatice mari, vii, cu vacuolă bogată în zaharuri sau ulei. Uneori mezocarpul este relativ subțire și spongios, iar endocarpul este gros, format din celule foarte mari, alungite, macroscopice, succulente, care proemină în lojele ovariene (citrice); alteori endocarpul este gros, dur, format din sclereide (prunoidee).
- b. Pericarpul uscat este format din celule moarte la maturitate, cu pereți îngroșați și lignificați de cele mai multe ori. Epicarpul, uneori împreună cu câteva straturi din mezocarp, poate da naștere la aripi (ulm, arțar, frasin), cârlige și țepi (ciumăfaie). Consistența pericarpului uscat este diferită, uneori acesta putând fi dur, format din sclereide (stejar), sau pergamentos (leguminoase) (Todor, 1958; Morariu, 1965; Toma *et al.*, 2003).

Nomenclatura fructelor

- a. Carpidium (fructuleț): parte a fructului multiplu, provenit dintr-o carpelă a gineceului pluricarpelar apocarp (nucula, folicula, achena, drupeola).
- b. Fructe simple: provin dintr-un gineceu monocarpelar sau din unul pluricarpelar cenocarp; în acest caz, dintr-o floare rezultă un singur fruct.
- c. Fructe multiple: provin dintr-un gineceu pluricarpelar apocarp; în acest caz, dintr-o floare rezultă mai multe carpидii (uscate: poliachenă la *Ranunculus*, *Adonis*, *Rosa* și polifoliculă la *Paeonia*; cămoase: polidrupă la *Rubus*).

- d. Fructe apocarpoide; provin dintr-un gineceu pluricarpelar, dar la maturitate carpelele se desfac și fiecare dă un fruct ce se detașează separat (tetranucula sau tretraachena de la labiate și boraginacee, disamara de la aceracee).
- e. Fructe compuse (cenantocarpe); provin dintr-o inflorescență cu flori foarte apropiate între ele (soroza de la dud, siconă de la smochin, glomerulul de la sfeclă, știuletele de la porumb).
- f. Fructe „false”: provin din ovar, dar și din alte părți ale florii; pot fi: uscate (indehiscente: achena de la stejar, fag, carpen, rogoz, diachena de la umbelifere, cariopsa pe care persistă palei, ca la orez, ovăz, baca de la coacăz, peponida de la dovleac, poama de la pomoides, fraga de la fragi, măceșă de la măceș, dehiscente: drupa de la nuc, peponida de la plesnitoare) (Todor, 1958; Morariu, 1965; Toma *et al.*, 2003).

Clasificarea fructelor

Clasificarea fructelor este un subiect dificil, problematic și controversat în morfologia plantelor (Șerbănescu-Jitariu și Toma, 1980; Toma *et al.*, 2003); există mai multe sisteme (proponeri) de clasificare a fructelor, în funcție de criteriile luate în considerare (filogenetice, morfologice, morfogenetice – clasificarea lui Gușuleac (1938), de exemplu, ține cont de alcătuirea gineceului, dacă fructele provin dintr-un gineceu sincarp sau apocarp).

Sistemul de clasificare al lui Mihail Gușuleac (1887-1960) are o poveste interesantă (Toma *et al.*, 2017). Mihail Gușuleac elaborează, în 1938, un nou sistem morfogenetic de clasificare a fructelor, aproape simultan cu – și independent de – Hubert Winkler.

Studiul lui Mihail Gușuleac a fost publicat, în limba germană, în anul 1939 (în „Buletinul Facultății de Științe din Cernăuți” vol. 12, 1938) fiind prezentat la „sesiunea botaniștilor” din Graz (Austria), ținută la 8 august, 1938, concomitent cu sistemul de fructe (sub tipar) al lui Hubert Winkler. În studiul său, publicat în 1939, H. Winkler menționează, în nota de subsol de la pagina 218, cu referire la „*expressis verbis*”, seria de fructe „apocarpoide” și de fructe „eusyncarpe” din lucrarea lui M. Gușuleac (redactată încă din 1938, dar apărută în jurnalul amintit abia în 1939) (Winkler, 1939).

Chiar și doar ca o scurtă notă de subsol, omul de știință austriac Winkler recunoaște că studiul lui Gușuleac a fost publicat anterior lui. Winkler citează studiul lui Gușuleac în nota 30 (infrapagină), menționând că va relua acest aspect. Aceeași afirmație este făcută de Winkler în cea de-a doua lucrare, apărută în 1940, unde se menționează (în paragraful 8) și al doilea studiu al lui Gușuleac (1939b), inclus în același număr al revistei. Winkler recunoaște contribuția lui Gușuleac, însă autorii care l-au urmat au luat în considerare exclusiv sistemul lui Winkler.

Cu toate acestea, marele merit al lui Mihail Gușuleac este acela de a-și fi fundamentat sistemul pe o definiție mai simplă și mai unitară, luând în considerare gineceul, respectiv totalitatea carpelelor dintr-o floare. În această interpretare, fructul

este definit ca un organ specific antofitelor, respectiv angiospermele, care se diferențiază, după fecundare, din gineceu, cu participarea, într-o măsură mai mare sau mai mică, a axului floral, respectiv a receptaculului.

Mai jos, prezentăm un sistem de clasificare simplificat, care este mai didactic și mai intuitiv, creat și adaptat de Todor (1958).

I. Fructe simple

1. Fructe cărnoase indehiscente

A. Baca

Este fructul al cărui pericarp la maturitatea semințelor este cărnos. La exterior, epicarpul („pieleță”) este de obicei subțire și acoperit cu ceară. Partea cărnoasă o alcătuiește mezocarpul, ale cărui celule sunt pline cu un suc bogat în glucide ca: zahăr, fructoză, glucoză, vitamine etc. Endocarpul rămâne unistratificat și se gelifică la maturitatea semințelor, confundându-se cu mezocarpul (Fig. 348).

De obicei baca este polispermă. Exemple: vița de vie, tomate, vinete, cartof, zârnă, agrișe.

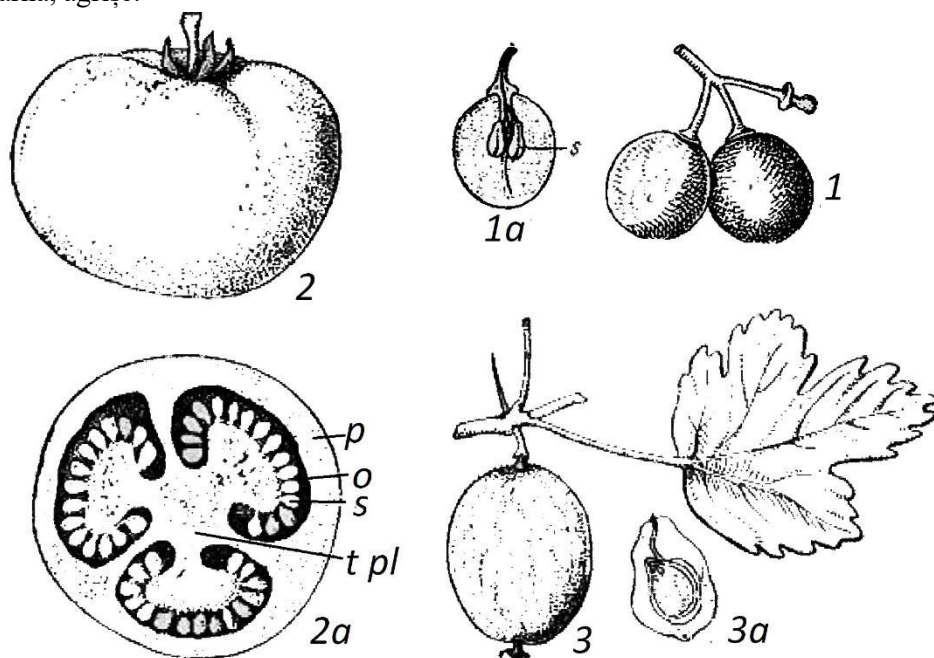


Fig. 348. Baca: 1 – vița de vie (*Vitis vinifera*), 1a – secțiune longitudinală prin bacă; 2 – roșie (*Solanum lycopersicum*); 2a – secțiune transversală; 3 – agriș (*Ribes grossularia*); 3a – secțiune longitudinală prin sămânța cu tegument cărnos: p – pericarp; o – loji ovariene; t pl – țesut placentar; s – sămânța (Todor, 1958)

B. Melonida (peponida)

Datorită miezului cărnos și succulent, seamănă mult cu bacă. La exterior are epicarp tare, sclerificat la maturitate. Partea cărnoasă este formată din mezocarp și țesutul placentar bine dezvoltat, în care se găsesc numeroase semințe; se găsește, de exemplu, la speciile din fam. *Cucurbitaceae* (dovleac, pepeni, castravete ș.a.) (Fig. 349).

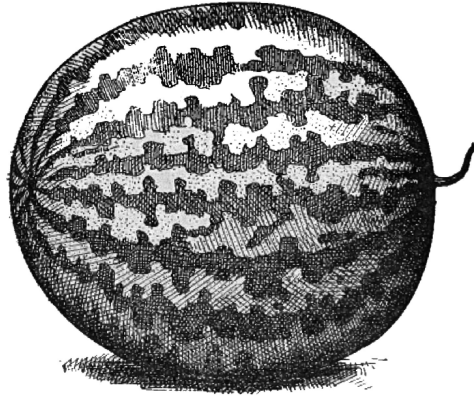


Fig. 349. Melonida la harbuz (*Citrullus vulgaris*) (Todor, 1958)

C. Hesperida

Prezintă un epicarp pielos (cu buzunare secretoare), mezocarp alb, spongios și endocarp transformat în peri unicelulari lungi, succulenți, ce alcătuiesc partea comestibilă a fructului (Fig. 350); de exemplu, la specii din fam. *Rutacee* („citrice”): portocalul, lămâiul.

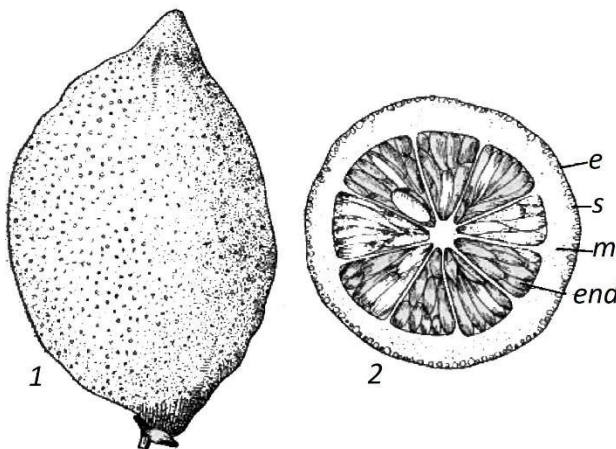


Fig. 350. 1 – Hesperidă de lămâi (*Citrus limon*); 2 – secțiune transversală; s – pungă secretoare în epicarp (e); m – mezocarp; end – endocarp (Todor, 1958)

D. Drupa

Caracterizează unele plante din fam. *Rosacee* (prunul, vișinul, caisul, piersicul); epicarpul este subțire, mezocarpul cărnos. Endocarpul alcătuiește ceea ce se numește în mod obișnuit *sâmbure* și adăpostește o singură sămânță (Fig. 351).

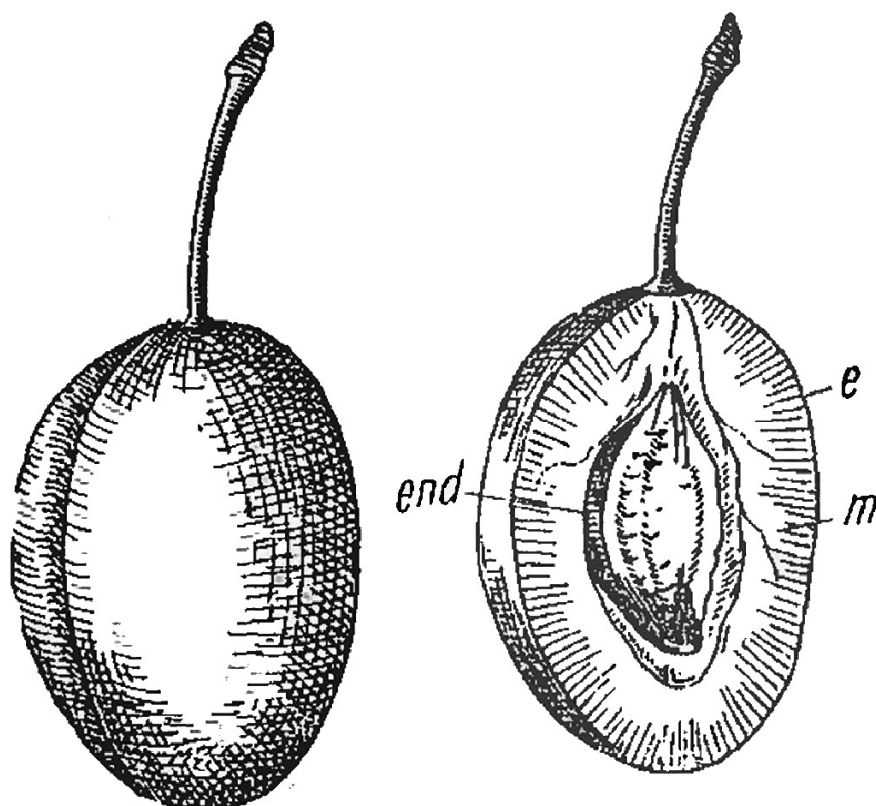


Fig. 351. Drupă de prun (*Prunus domestica*); e – epicarp, m – mezocarp, end – endocarp (Todor, 1958)

2. Fructe cărnoase dehiscente

Acest tip de fructe (Fig. 352) se întâlnește relativ rar la plante. Pericarpul lor la maturitate se desface și eliberează sămânța. Astfel, la castanul sălbatic (*Aesculus hippocastanum*), pericarpul țepos, la început este verde, iar la maturitate devine brun, se usucă și crapă în 3 valve. Tot prin valve se desface fructul plantei ornamentale numită slăbănog (*Impatiens noli-tangere*).

Fructul plesnitoarei (bacă) (*Ecballium elaterium* – vezi și Fig. 378) împrășteie sămânța la distanță de câțiva metri.

Fructele de nuc (drupă) pot fi considerate ca fructe cărnoase, parțial dehiscente, deoarece endocarpul sclerificat care îmbracă sămânța nu se desface.

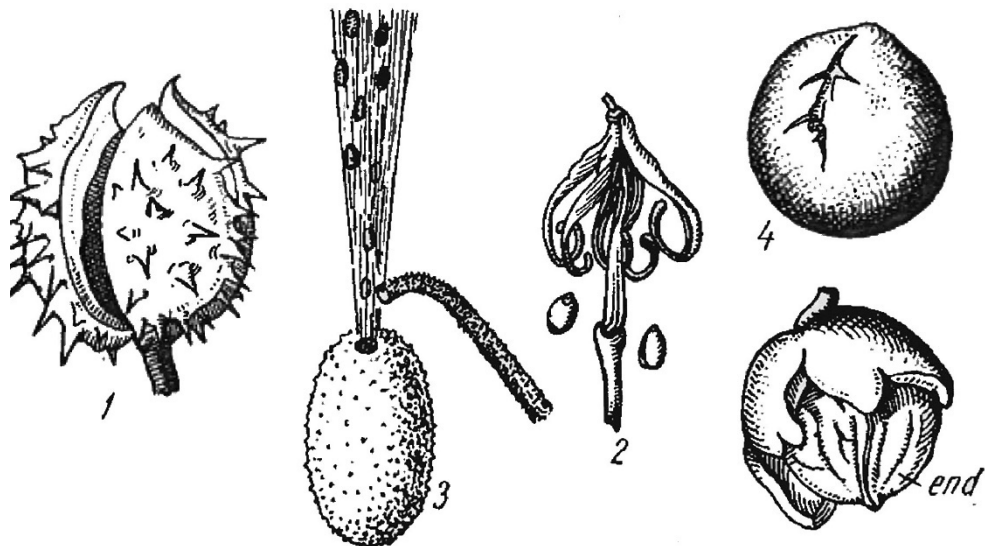


Fig. 352. Fructe cărnoase dehiscente: 1 – fruct de castan sălbatic (*Aesculus hippocastanum*); 2 – fruct de slăbănog (*Impatiens*); 3 – fruct de plesnitoare (*Ecballium elaterium*) în momentul deschiderii; 4 – fruct de nuc (*Juglans regia*) în momentul deschiderii; end – endocarp (Todor, 1958)

3. Fructe uscate dehiscente

A. Folicula

Provine dintr-un pistil unilocular și unilocular. Conține numeroase semințe, dispuse pe marginea carpelei (Fig. 353). Exemplu tipic se întâlnește la nemțisor (*Delphinium consolida*, fam. *Ranunculaceae* – Fig. 353-1).

B. Păstaia (leguma)

Ca și folicula, provine tot dintr-un pistil monocarpelar și unilocular. Desfacerea păstăii se face de-a lungul a două linii. Fructul păstaie caracterizează plantele din fam. *Leguminosae* (*Fabaceae*) (după fruct s-a dat și numele familiei) (Fig. 353-2-5).

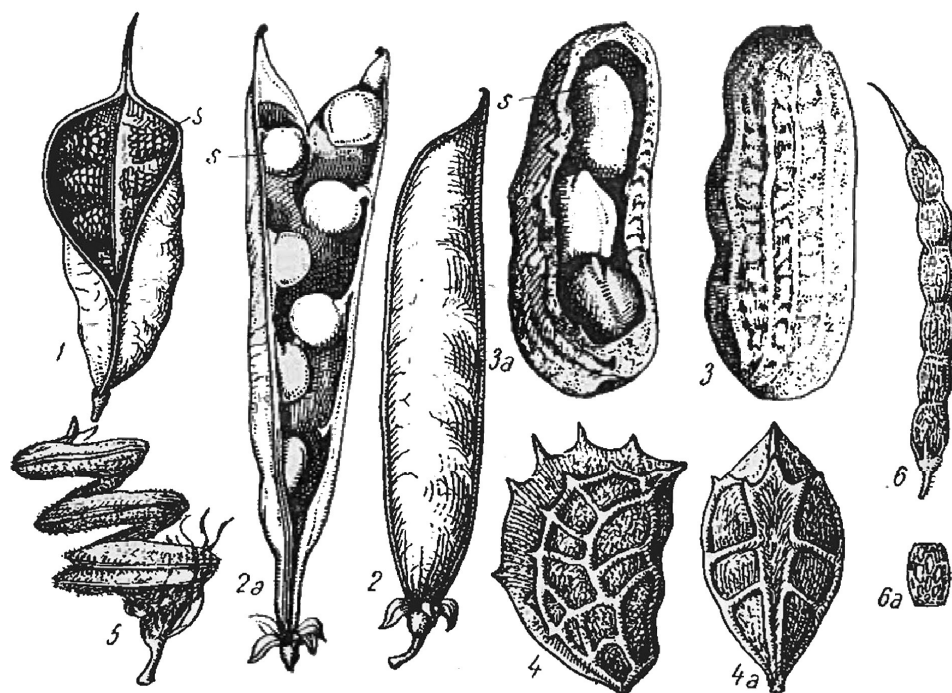


Fig. 353. Fructe uscate dehiscente: 1 – folicula la nemțisorul de câmp (*Delphinium consolida*); 2 – păstaie de mazăre (*Pisum sativum*), 2a – deschisă; 3 – păstaie de alune de pământ (*Arachis hypogaea*), 3a – deschisă; 4 – păstaie de sparcetă (*Onobrychis viciifolia*) fața laterală, 4a – fața ventrală; 5 – păstaie de lucernă albastră (*Medicago sativa*); 6 – lomentă de seradelă (*Ornithopus sativus*), 6a – articol mărit; s – sămânța (Todor, 1958)

În cazul unor păstăi, cum este la planta furajeră seradela (*Ornithopus sativus*), cavitatea fructului este compartimentată prin strangulări între semințe. Desfacerea acestor păstăi se face în dreptul sugrumăturilor, leguma fragmentându-se în porțiuni. Acest tip de fructe a primit denumirea de *lomentă* (Fig. 353-6).

C. Silicva (silicula)

Se întâlnește la toate plantele din familia *Brassicaceae* (*Cruciferae*) (Fig. 354). Silicva este formată din două carpele, unite pe două linii prin marginile lor. Cavitatea ovariană, inițial uniloculară, este împărțită ulterior în două printr-un perete despărțitor numit *sept despărțitor* sau *septum*.

Silicvele care nu depășesc în lungime de 2-3 ori lățimea, se numesc *silicule*. Obișnuit, prin silcvă se înțeleg fructele mai lungi.

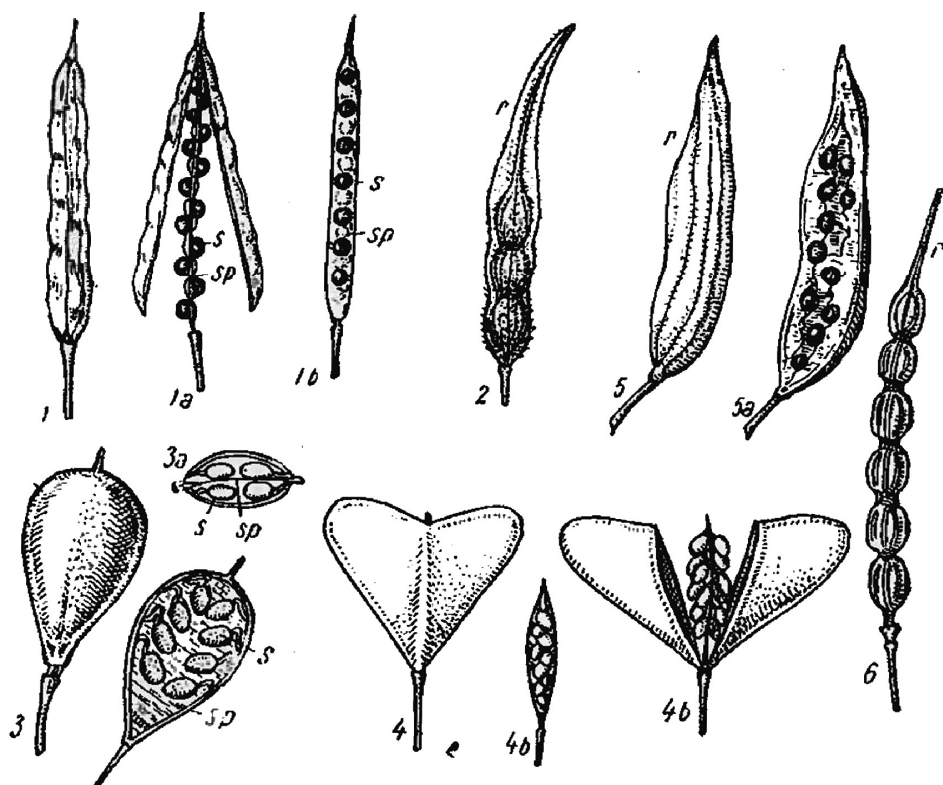


Fig. 354. Silicva: 1 – muștar sălbatic (*Sinapis arvensis*) văzută din profil, 1a – cu valvele depărtate și tot din profil, 1b – septul cu semințe; 2 – muștar alb (*Sinapis alba*); 3 – Silicula la *Camelina sativa*, 3a – secțiune transversală, 3b – silicula după îndepărtarea valvelor; 4 – siliculă de traista ciobanului (*Capsella bursa-pastoris*), 4b – deschisă și după îndepărtarea valvelor; 5 – silicvă indehiscentă la ridiche (*Raphanus sativus*), 5a – secționată longitudinal; 6 – lomentă la ridichioară (*Raphanus raphanistrum*); r – rostru; sp – sept; s – semințe (Todor, 1958)

D. Capsula

Este tipul de fruct cel mai răspândit dintre fructele uscate dehiscente. Capsula este formată din mai multe carpele unite.

După felul de deschidere, se deosebesc mai multe categorii de capsule.

a. Capsula denticulată (Fig. 355) se găsește la neghină, la ciuboțica cucului ș.a. Aceste capsule se deschid puțin la vârf prin niște dințișori. De cele mai multe ori, numărul dinților indică numărul carpelelor.

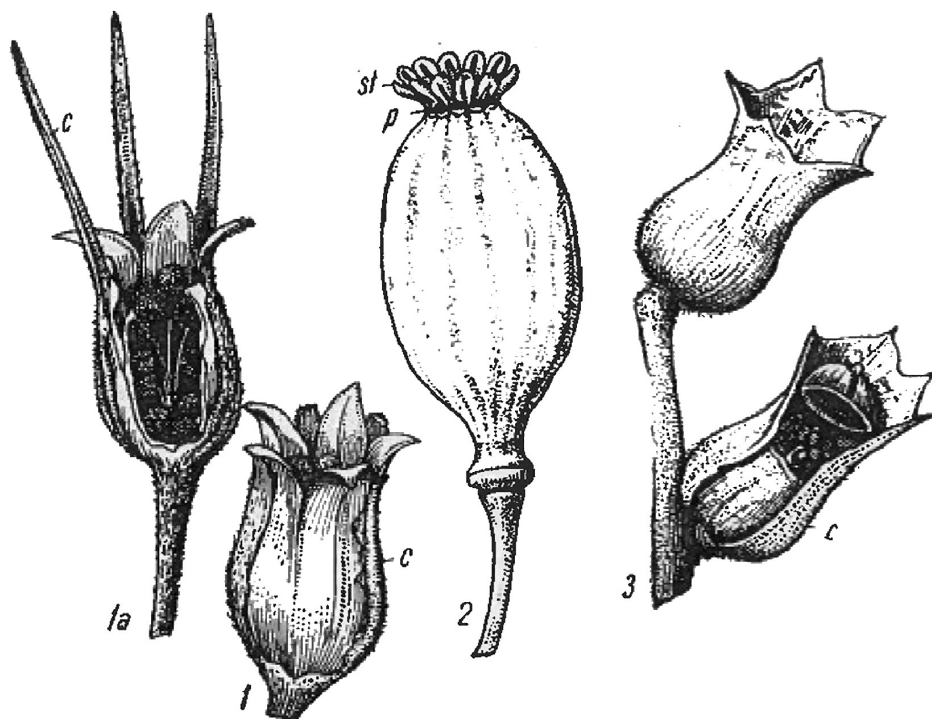


Fig. 355. Tipuri de capsulă: denticulată – 1: neghină (*Agrostemma githago*), 1a – aceeași secționată longitudinal; 2: capsulă poricidă de mac (*Papaver somniferum*); 3: pixidă de măselăriță (*Hyoscyamus niger*); c – caliciu persistent; p – pori; st – stigmat stelat (Todor, 1958)

b. Capsula valvicidă (Fig. 356). Deschiderea se face în lungul pereților laterali.

La brândușa de toamna (*Colchicum autumnale*) sau la ricin (*Ricinus communis*), fructul se desface în lungul celor 3 linii de sudură. Această capsulă se numește *septicidă*.

Capsulele la care deschiderea se face în mijlocul carpelei, pe linia (nervura) mediană se numesc *loculicide* (bumbac, ceapă, lălea).

A treia categorie de capsulă valvicidă este cea *septifragă*. La acest tip de fruct, întâlnit la ciunăfaie (*Datura stramonium*), semințele sunt prinse de țesutul placentar, și nu de marginea valvelor ca la celelalte două feluri de capsule valvicide.

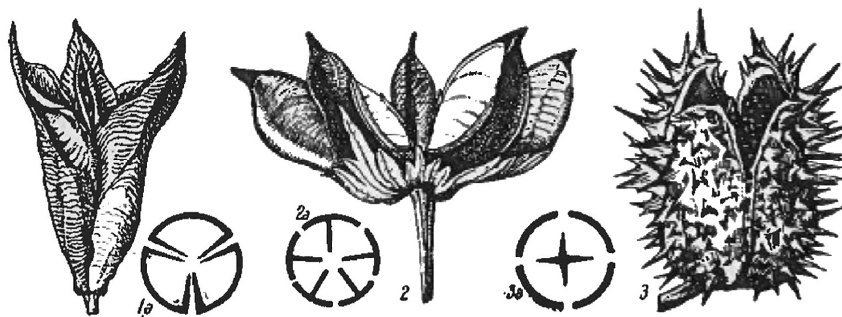


Fig. 356. Tipuri de capsule valvicide: 1 – capsulă septicidă de brândușă (*Colchicum autumnale*); 2 – capsulă loculică la bumbac (*Gossypium hirsutum*); 3 – capsulă septifragă la ciumăfaie (*Datura stramonium*); 1a, 2a, 3a – schemele deschiderii celor trei feluri de capsule (Todor, 1958)

c. Capsula poricidă (Fig. 355-2). Numele acestui fel de capsulă se referă la deschiderea prin pori, care se formează la maturitatea fructului sub stigmat, de exemplu, la mac (*Papaver somniferum*).

d. Pixida (Fig. 355-3). Este o capsulă care se deschide printr-un căpăcel datorită unei crăpături transversale, împărțindu-se în acest fel fructul în două.

4. Fructe uscate indehiscente

A. Nuca. Este fructul cu pericarpul tare și cu sămânța liberă, sau puțin aderentă (Fig. 357). Astfel de fructe se întâlnesc la stejar, alun, fag ș.a. Popular nuca de stejar se numește *ghindă*, iar cea de fag, *jir*.

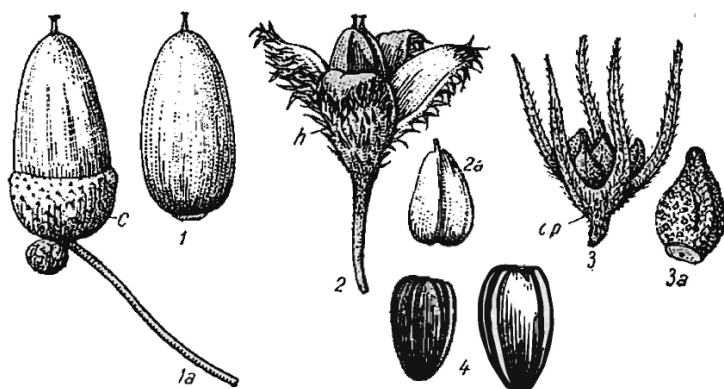


Fig. 357. Fructe uscate indehiscente: 1 – nuca (ghindă) de stejar (*Quercus robur*), 1a – ghindă cu cupă (c); 2 – jir de fag (*Fagus sylvatica*); h – hipsofile; 2a – o nucă izolată; 3 – tetranucula de mărgelușe (*Lithospermum arvense*); cp – caliciu persistent; 3a – o nuculă izolată; 4 – achenă de floarea soarelui (*Helianthus annuus*) (Todor, 1958)

Pentru fructele nuci de dimensiuni mai mici se folosește denumirea de nucule – la diferite specii de *Ranunculaceae*.

Tot nucule sunt și fructele parțiale ale plantelor din familiile *Labiatae* (*Lamiaceae*) și *Boraginaceae* (numite, în acest caz, tetranucule).

B. Achena (Fig. 357-4). Este un fruct asemănător cu nuca, specific pentru familia composite (*Asteraceae*). Provine dintr-un gineceu bicarpelar sincarp, inferior. Achena multor plante poartă în vârf caliciul transformat în peri (a se vedea și Fig. 307, 308).

C. Cariopsa (Fig. 358). Caracterizează gramineele, ca grâul, secara, orzul etc. Tegumentul seminței este intim lipit de peretele fructului (pericarp).

Tot cariopsă sunt considerate fructele umbeliferelor provenite dintr-un ovar bicarpelar sincarp și bilocular. La cele mai multe umbelifere, la maturitate fructul se desface în două fructe parțiale numite *mericarpîi* sau *semifructe*.

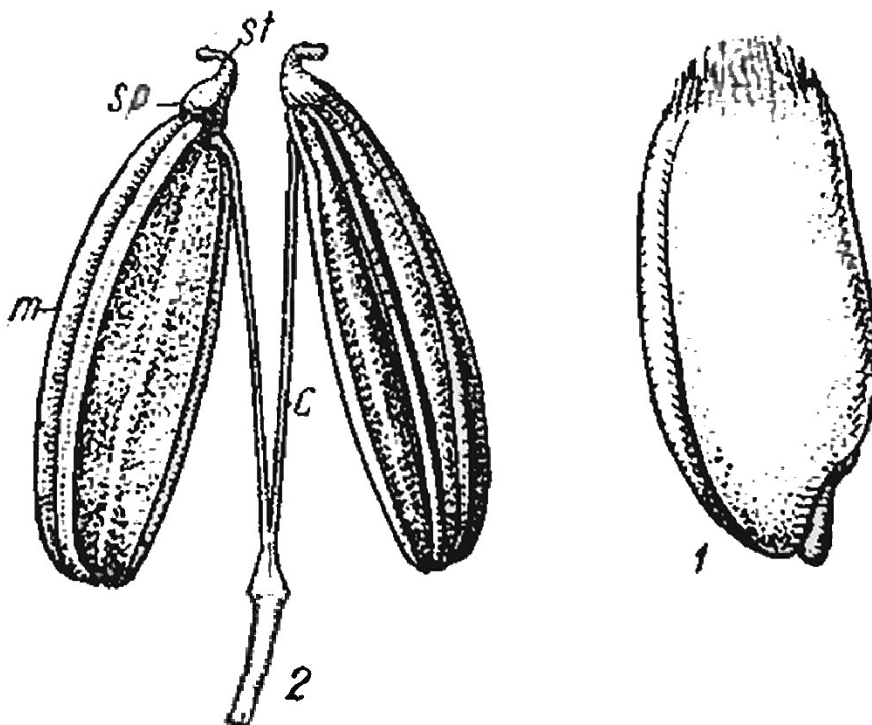


Fig. 358. Fructul cariopsă: 1 – cariopsa de grâu (*Triticum vulgare*); 2 – dicariopsa de fenicul (*Foeniculum vulgare*); m – mericarp; c – carpofor; sp – stilopodiu; st – stil (Todor, 1958)

D. Samara

Este un fruct asemănător cu achena, la care însă pericarpul se lățește fie de jur-împrejur, fie numai într-o singură direcție (Fig. 359). Se întâlnește la ulm, frasin (*monosamară*), arțar (*disamară*) (familia *Aceraceae*).

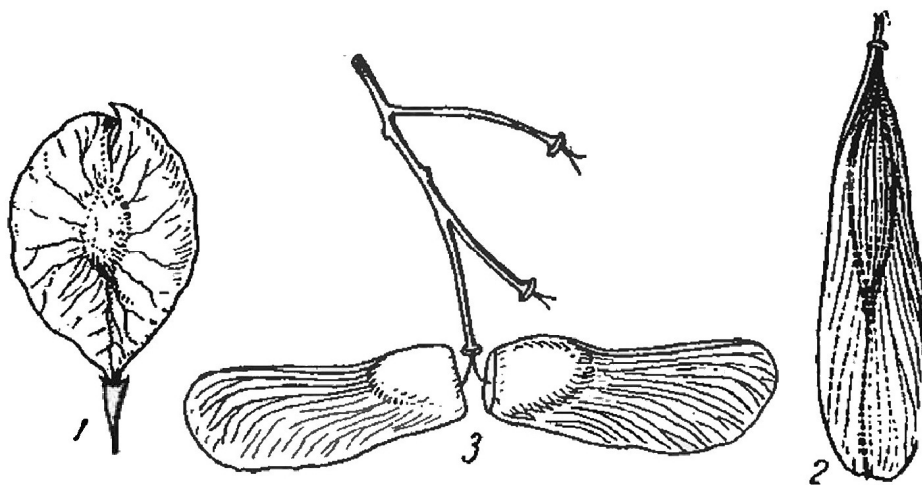


Fig. 359. Fructul samară: 1 – monosamară la ulm (*Ulmus foliacea*); 2 – la frasin (*Fraxinus excelsior*); 3 – disamară la jugastru (*Acer campestre*) (Todor, 1958)

La speciile de *Aceraceae* din flora României, fructul este o samară, compus din 2 fructulețe mericarpe, dezvoltate în formă de nucule aripate, apocarpoide; semințele sunt fără albumen. La unele din aceste specii de *Acer*, forma disamarei și poziția aripilor disamarei au, alături de alte caractere, un caracter de diagnostic (Fig. 360-361; Fig. 362 – sinteză); la *A. platanoides*, fructele sunt pendente pe pediceli lungi, cu nuculele turtite, glabre; aripile divergente în unghi obtuz, spre vârf puțin spatulat lățite și trunchiate, cu nervura dorsală încovoiată în afară, împreună cu nuculele de 3,5-5 cm lungime (Fig. 362-4); la *A. pseudoplatanus* (Fig. 362-3), fructele sunt pendente, pedunculate, cu nuculele globuloase, glabre; aripile spre vârf lățite, deasupra nuculelor brusc îngustate, cu nervura dorsală încovoiată înăuntru, convergente, formează între ele un unghi drept sau sunt ± îndreptate înainte, împreună cu nuculele de 3-4 (6) cm lungime; la *A. tataricum*, fructele au aripile în unghi ascuțit sau paralele (Fig. 362-2); la *A. campestre* (Fig. 362-6), aripile fructului sunt întinse orizontal, în prelungire, sau ușor răsfrânte înapoi spre peduncul; la *A. monspessulanum*, aripile fructului sunt îndreptate înainte, paralele sau încălecate în foarfece (Fig. 362-7); la *A. laetum*, fructul are aripi divergente, în unghi obtuz (Flora R.P.R., vol. 6, 1958).



Fig. 360. Disamare: 1 – *Acer platanoides*; 1a – inflorescență; 2 – *A. pseudoplatanus*, ramură floriferă; 2a – ramură fructiferă (Flora R.P.R., vol. 6, 1958)

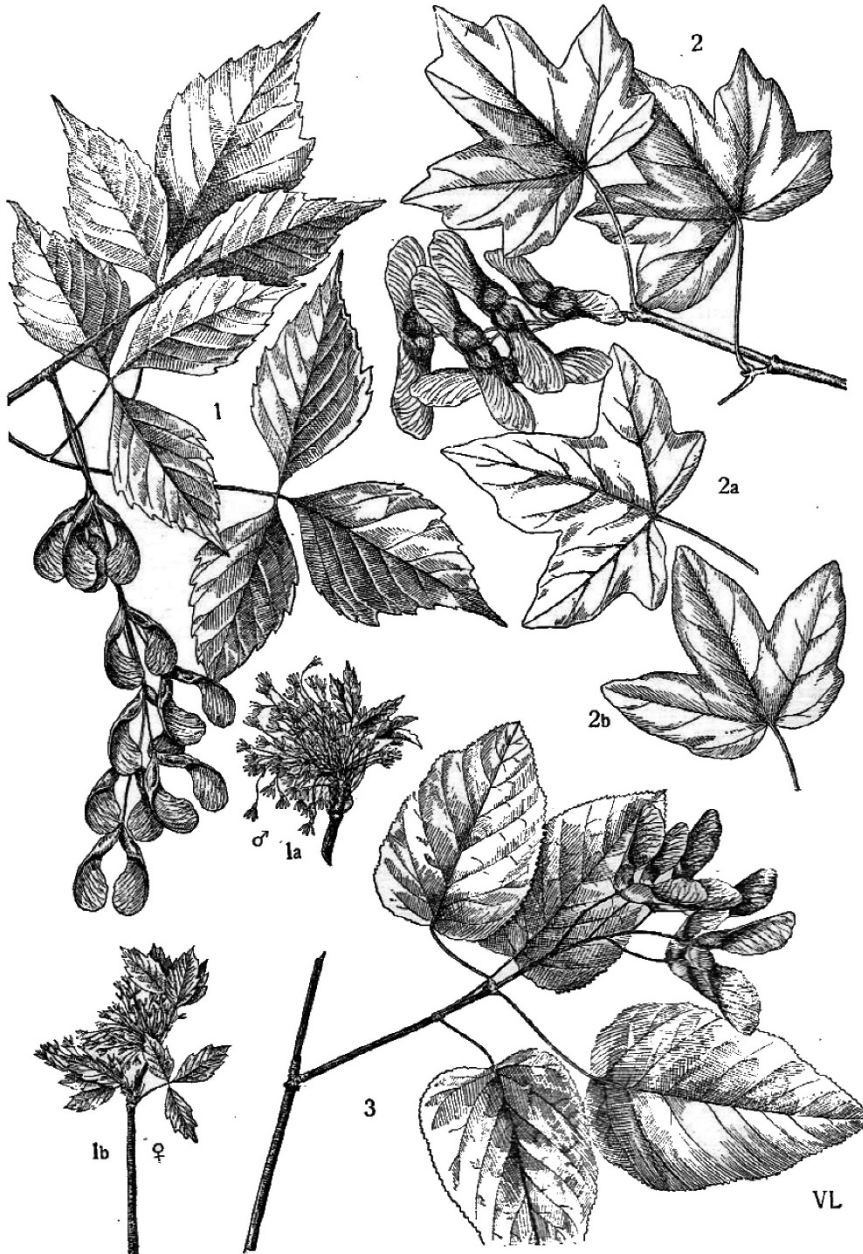


Fig. 361. Disamare: 1 – *Acer negundo*: 1a – flori masculine; 1b – flori femele; 2 – *A. campestre*, exemplar fructifer: 2a. – var. *austriacum*; 2b. – var. *subtrilobum*; 3 – *A. tataricum*, exemplar fructifer (Flora R.P.R., vol. 6, 1958)

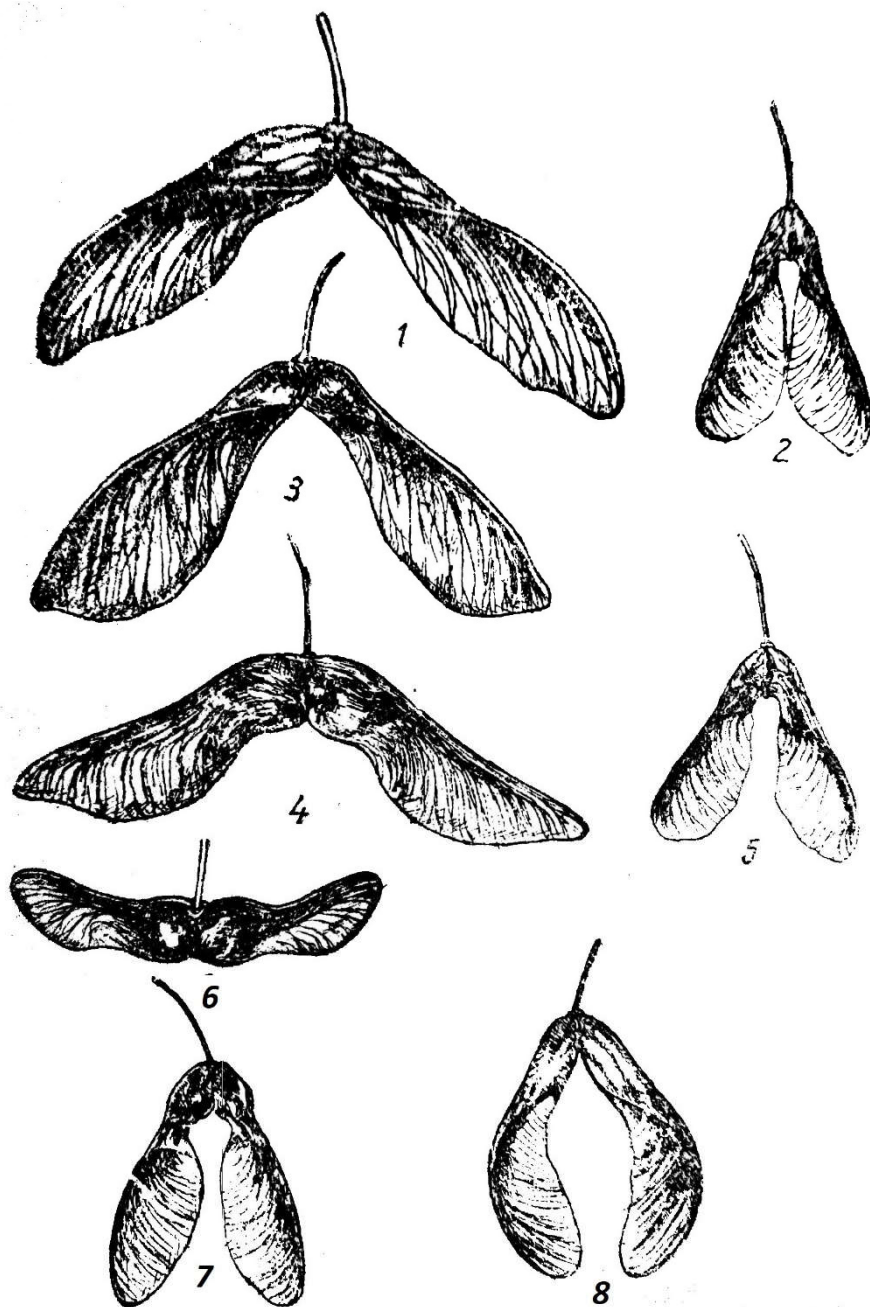


Fig. 362. Forma disamarelor la specii de *Acer* – sinteză: 1 – *Acer saccharinum*; 2 – *Acer tataricum*; 3 – *Acer pseudoplatanus*; 4 – *Acer platanoides*; 5 – *Acer ginnala*; 6 – *Acer campestre*; 7 – *Acer monspessulanum*; 8 – *Acer negundo* (Beldie, 1953)

II. Fructe multiple sau agregate

Sunt fructele care se dezvoltă dintr-un gineceu apocarp (Fig. 363). În cazul multor plante, considerate din punct de vedere evolutiv mai primitive, în cadrul unei singure flori se găsesc mai multe carpel, fiecare dând naștere unui fruct.

De exemplu, la piciorul cocoșului (*Ranunculus sardous* – Fig. 363-1) fiecare carpelă va da naștere la o nukulă, acestea, în ansamblu, prezentându-se sub forma unei aglomerări de fructe, numindu-se deci polinuculă. Tot polinucule sunt și fructele care se formează la multe rosacee, cum este măceșul (Fig. 363-2), la care nuculele, libere între ele, sunt închise în receptaculul cărnos și roșu, la maturitate numit hipanțiu; pentru acest exemplu, unele tratate de morfologie a plantelor descriu separat *măceașă*, ca fruct fals cărnos.

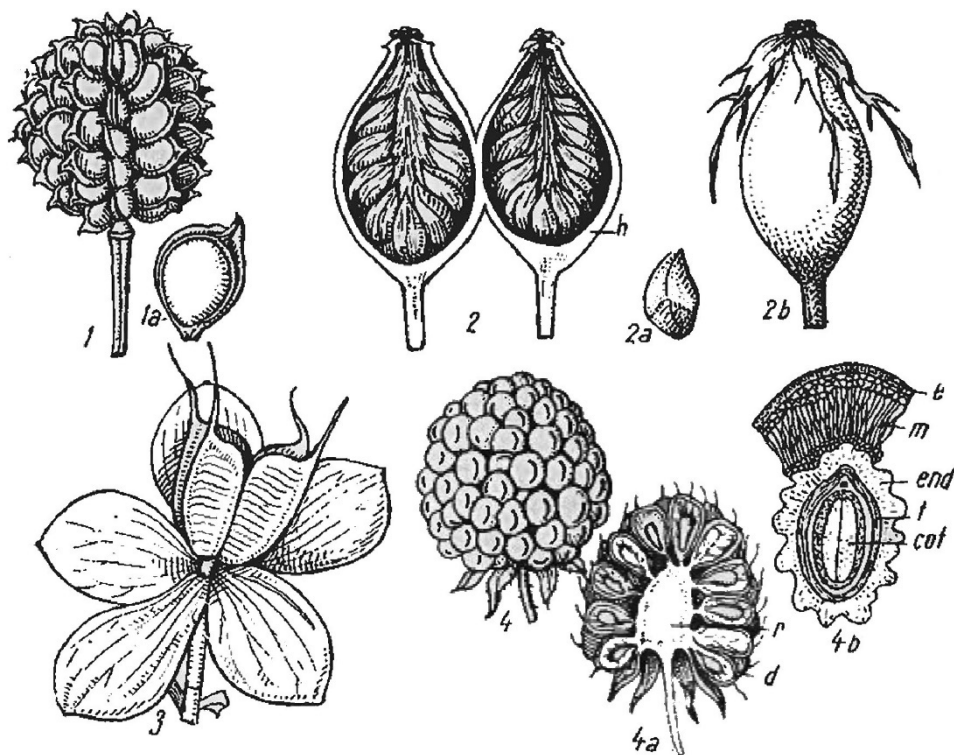


Fig. 363. Fructe multiple: 1 – polinucula de piciorul cocoșului (*Ranunculus sardous*); 1a – nukulă izolată; 2 – polinuculă de măceș (*Rosa canina*) în secțiune longitudinală, 2a – o singură nukulă, 2b – hipanțiu; 3 – polifoliculă de spânz (*Helleborus purpurascens*); 4 – polidrupă de zmeur (*Rubus idaeus*); 4a – aceeași în secțiune longitudinală; 4b – secțiune transversală printr-o drupeolă; r – receptacul; d – drupeolă; e – epicarp; m – mezocarp; en – endocarp; t – tegument seminal; cot – cotiledoane (Todor, 1958)

La alte plante din cadrul familiei *Ranunculaceae*, de exemplu, la spânz (*Helleborus* – Fig. 363-3), bujor (*Paeonia*), calcea calului (*Caltha*), fiecare carpelă care alcătuiește gineceul se transformă într-o foliculă. Fructul acestor plante, fiind format din mai multe folicule, se numește deci polifoliculă.

La unele rosacee, cum sunt murul și smeurul (Fig. 363-4), carpelele se transformă în drupe, fructul fiind deci o polidrupă.

III. Fructe false

La formarea fructului mai pot lua parte, pe lângă peretele ovarului, și alte părți componente ale florii (Fig. 364).

Astfel, la măr, pară, gutuie, receptaculul concrește cu ovarele și se dezvoltă. În el se depozitează substanțe de rezervă. Pericarpul este redus, mai pronunțat fiind endocarpul cartilaginos care formează lojile în care se găsesc semințele.

Cele cinci carpele alcătuiesc în ansamblul lor o polifoliculă. Fructul acestor pomi fructiferi se numește poamă.

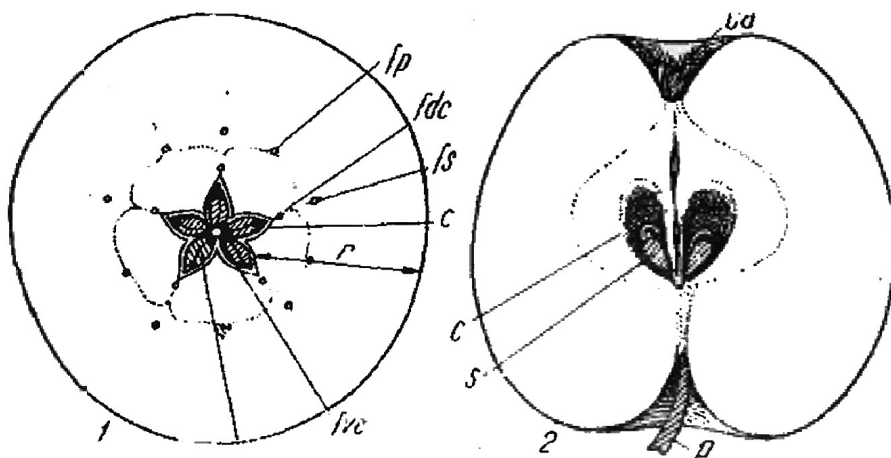


Fig. 364. Fructul fals de la măr (*Malus*): 1 – secțiune transversală și 2 – longitudinală printr-un măr; r – receptacul; c – carpele; fs – fasciculele sepalor; fp – fasciculele petalelor; fdc – fascicule dorsale ale carpelor; fvc – fascicule ventrale ale carpelor; s – semințe; p – pedicel; ca – caliciul (Todor, 1958)

Tot fruct fals este și cel de căpșună și fragă, la care partea comestibilă, succulentă, este receptaculul în care sunt fructele nucușoare (polinuculă) (Fig. 365).

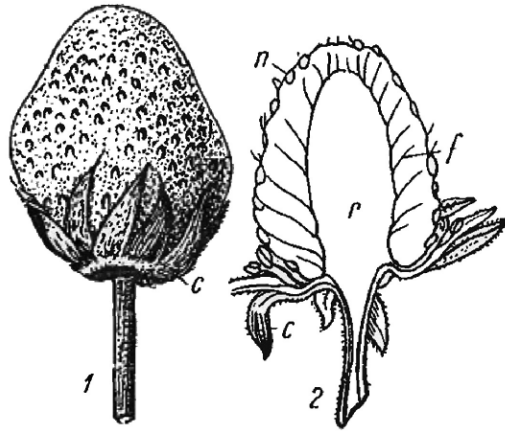


Fig. 365. Căpșună (*Fragaria moschata*): 1 – aspect exterior; 2 – secțiune longitudinală; n – nucule; r – receptacul; f – fascicule conducătoare, c – caliciu persistent (Todor, 1958)

IV. Fructe compuse

Aceste fructe iau naștere dintr-o inflorescență (Fig. 366). Exemplu de fruct compus se întâlnește la dud (*Morus*). Partea comestibilă a fructului reprezintă învelișul floral ce devine cărnos și succulent, prin depozitarea substanțelor zaharate. Fructul propriu-zis este nukulă. Acest fruct compus se numește soroză.

Alt exemplu este la sfeclă (*Beta vulgaris*).

La smochin (*Ficus carica*) partea comestibilă provine din inflorescență, de forma unei ume. Fructe propriu-zise sunt nucule cuprinse în peretele fructului compus numit siconă.

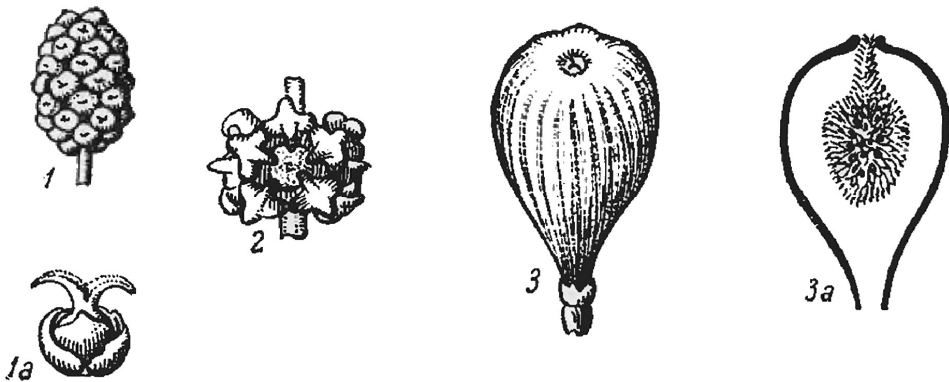


Fig. 366. Fructe compuse: 1 – dudă (*Morus*); 1a – floare femelă cu învelișurile sale; 2 – fruct compus de sfeclă (*Beta vulgaris*); 3 – siconă la smochin (*Ficus carica*); 3a – în secțiune (Todor, 1958)

ECOLOGIA SEMINTELOR ȘI A FRUCTELOR

În acest capitol, sămânța și fructul sunt tratate împreună, din punct de vedere ecologic, deoarece punem accent îndeosebi pe răspândirea acestora, prin diverse mijloace, cum vom vedea, ca strategie reproductivă a plantelor. Cel puțin în cazul fructelor indehiscente, semințele sunt diseminate odată cu fructele.

Separat, ecologia semințelor acoperă o arie foarte largă și complexă de discuții, datorită, în principal, marii diversități de formă, mărime și structură în cadrul semințelor, dar și a diversității plantelor în sens taxonomic, ceea ce impune, dacă luăm în considerare și factorii de mediu, strategii foarte particulare de diseminare a semințelor.

În sens restrâns, ecologia semințelor se poate referi la oricare dintre următoarele fenomene (proces) și realități biologice:

- Strategii reproductivă la plante (reproducere prin semințe *versus* reproducere vegetativă; efort reproductiv; mărimea și numărul semințelor);
- Hazard în faza de pre-diseminare (pierderea semințelor din diverse cauze: eșec în polenizare, deficiențe nutriționale; prădătorism);
- Diseminare (răspândire): curbe de diseminare; agenți de diseminare (numeroși și diferiți); diseminare pe distanțe lungi;
- Stocarea semințelor în sol: longevitatea semințelor; semnificația ecologică a stocării semințelor în sol;
- Dormanță: tipuri, modificări ciclice în stadiul de dormanță; influența factorilor de mediu asupra dormanței semințelor;
- Germinație: fluctuații de temperatură; lumină și periodicitate; relații hidrice; chimia mediului;
- Formarea și dezvoltarea plantulelor: umbră, mărimea seminței și creșterea plantulei; morfologia plantulei în raport cu gradul de umbră; competiție între plantule și supraviețuire; hazard (secetă, îngroparea plantulelor, prădătorism).

Așa cum putem observa, implicațiile ecologice, fiziologice și ecofiziologice ale seminței sunt foarte vaste și delicate, dar lucrarea de față nu își propune să acopere aceste aspecte.

Relații mutualiste între plante și animale legate de răspândirea fructelor și semințelor

Fenomenul de răspândire a fructelor și semințelor poartă numele de diseminare. La fructele dehiscente se răspândesc numai semințele, în timp ce la cele indehiscente semințele se răspândesc odată cu fructele. În cele mai multe cazuri odată cu fructul se desprind receptaculul, bracteele (ca la tei), întreaga inflorescență (brusture), fragmente de ramuri sau uneori întreaga tulpină (ciurlan, știr alb).

O parte a literaturii anglo-saxone de specialitate folosește uneori termenul de „diseminulă” (*disseminule*, eng.) pentru a se referi inclusiv la sămânță, care, așa cum am văzut, de pildă, la *Lodoicea maldivica*, rămâne atașată de endocarpul care plutește în derivă în apa oceanului. Termenul desemnează, în sens larg, orice organ (structură) detașabil(ă) al(a) unei plante, care poate fi dispersat și propagat (pe lângă sămânță, se mai poate referi la mugur, spor, sau chiar la plantulă – cazul tipic de la mangrove). Termenul este preferabil, în situațiile în care semințele nu se răspândesc izolat (separat de fruct), ci împreună cu alte structuri asociate, cel mai adesea, cu fructul.

La plantele superioare (gimnosperme și angiosperme), răspândirea se face prin semințe: direct (la speciile cu fructe dehiscente) sau indirect (la speciile cu fructe indehiscente). În plus, se face prin: fragmente de fructe (ca la coroniște, dintre leguminoase), grupe de fructe însoțite de către o aripă (ca la tei), planta completă (ca la *Anastatica hierochuntica*, dintre crucifere), cu vântul; (ramurile se strâng la uscăciune, se desfac și înverzesc la umezeală), diaspori vegetativi (propagule, bulbile, muguri).

După factorii care asigură diseminarea, plantele pot fi: anemochore (vânt), zoochore (animale), hidrochore (apă); la acestea se poate adăuga răspândirea semințelor și fructelor printr-o simplă propulsie.

1. Plante anemochore: răspândite prin vânt

Pe scurt, adaptările în vederea diseminării prin vânt sunt: diaspori (semințe) numeroși, mici, ușori (la orhidee); diaspori cu apendici care măresc suprafața, frânând căderea; peri filamentoși (la bumbac, plop, salcie), peri simpli – egrete (la păpădie, pălămidă), ariste penate, spiralate (la colilie sau năgară), bici plumos – stil (la curpenul de pădure – Fig. 369, floarea paștelui), aripi pe semințe (la pin, brad, molid), aripi pe fructe (la ulm, frasin, arțar), frunze perigoniale (la carpen, mestecăcăn), păstăi veziculoase (ca la bășicoasă) (Fig. 367-372).

La semințe, ca și la spori, cel mai eficient dintre agenții de dispersie este vântul, mai ales din punctul de vedere al numărului de diseminați transportați. Deoarece semințele sunt mult mai mari decât sporii, distanțele parcurse sunt mult mai mici, deși, în cazul semințelor mici, ca la orhidee, este posibil ca distanțele să fie foarte mari. Printre cele mai comune diseminule împrăștiate de vânt sunt cele prevăzute cu aripi, ca la semințele de *Catalpa* și la fructele de tip samară de la arțar (Fig. 362), fructele de hamei și de ulm. Astfel de diseminule sunt de obicei mult aplatizate și, prin urmare, este puțin probabil să cadă rapid la pământ; în plus, aripile sunt ușoare, conținând adesea spații de aer de dimensiuni considerabile. Aripile pot fi terminale, ca la frasin și arțar, sau pot forma o margine în jurul porțiunii purtătoare de semințe, ca la hamei, ulm (Fig. 359-1) și semințele de la *Corispermum*. Diseminulele aripate similare se găsesc la pini și mesteceni. La tei există fructe relativ grele, globulare, indehiscente, dar care sunt purtate pe o bractee mare, membranoasă, atașată pedunculului (Fig. 367G).

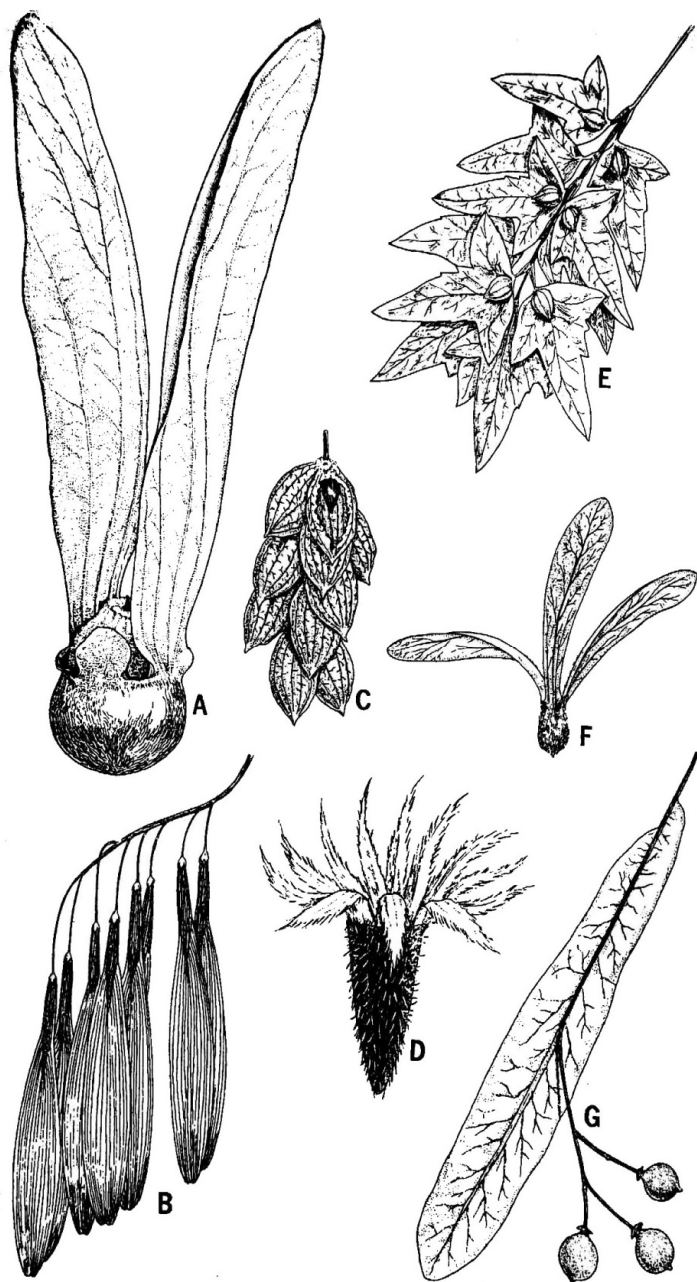


Fig. 367. Fructe aripate: A – *Dipterocarpus retusus*; B – samară de *Fraxinus*; C – *Ostrya virginiana*; D – *Galinsoga*; E – *Carpinus caroliniana*; F – *Triplaris*; G – *Tilia* sp. (Scagel et al., 1984)

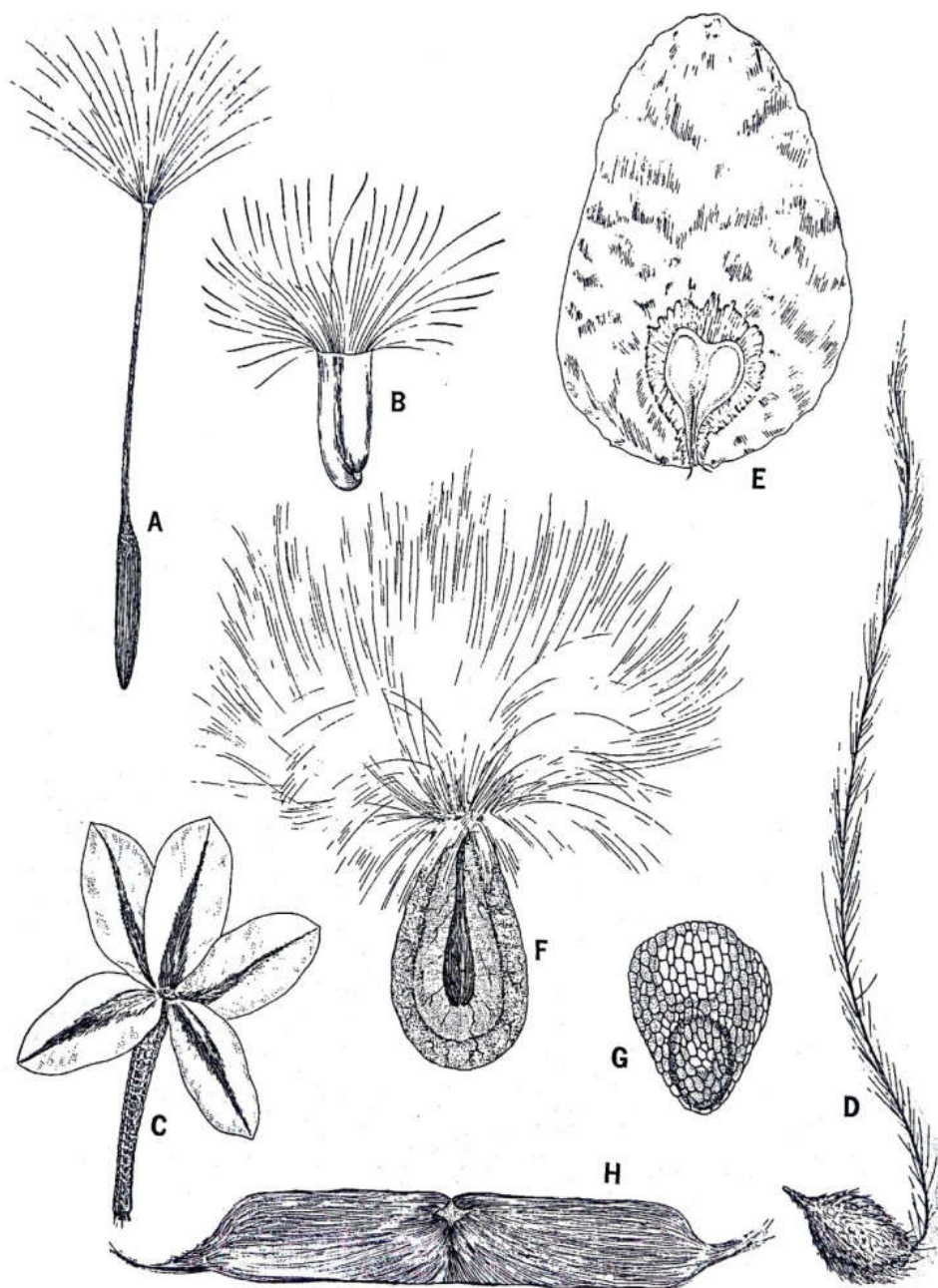


Fig. 368. Fructe și semințe „aeropurtate” (A–D, fructe; E–H – semințe); A – *Hypochaeris*; B – *Centaurea*; C – *Ursinia*; D – *Clematis*; E – *Spathodea*; F – *Asclepias*; G – *Castilleja*; H – *Catalpa* (Scagel et al., 1984)



Fig. 369. Bici plumos – stil la curpenul de pădure (*Clematis vitalba*) (original)

Multe diseminule împrăștiate de vânt sunt prevăzute cu peri. Poate că cele mai reprezentative dintre acestea se găsesc la compozite, în special la cele care produc latex; la acesta din urmă, la maturare, involucrul se retrage încă o dată, ca în perioada înfloririi, expunând achenele, cu coroanele lor de peri (cunoscute sub numele de papus), întinse în așa fel încât întreaga structură să semene cu o parașută (Fig. 368A–B); la fel ca la parașute, de asemenea, rezistența aerului la cădere este considerabilă, astfel încât curenții vântului sunt susceptibili să împrăștie achenele pe o anumită distanță.

La *Asclepias*, semințele poartă o coroană de peri lungi și mătăsoși la capătul hilului, ceea ce le permite să plutească în aer la fel ca achenele compozitelor. Astfel de peri facilitează răspândirea la sălcii și plopi, iar numele științific al bumbacului sugerează prezența acestor peri (*Gossypium hirsutum* – *hirsutus*, lat. – păros) (Fig. 370). Se știe că bumbacul derivă din firele de păr abundente care sunt atașate de semințele plantei de bumbac (*Gossypium*); fire de păr asemănătoare cu cele de la bumbac sunt atașate și de fructele unor specii de anemone și bumbăcăriță (*Eriophorum* sp. – Fig. 371; probabil că denumirea populară este, și în acest caz, sugestivă).

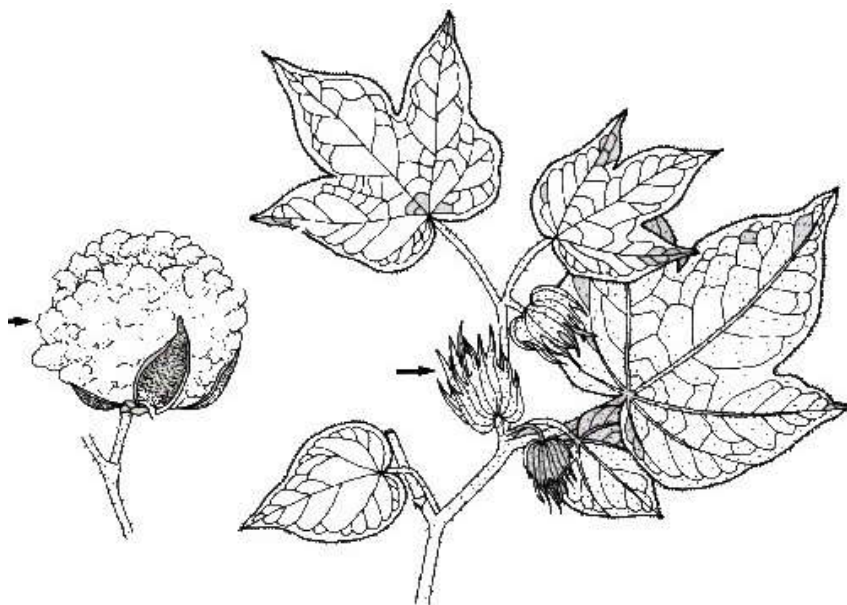


Fig. 370. *Gossypium hirsutum*: stânga – peri seminali (Piperno și Pearsall, 1998)



Fig. 371. Peri seminali la bumbăcariță (*Eriophorum* sp.) (original)

Un exemplu particular și interesant de diseminare cu ajutorul vântului îl oferă plantele care sunt denumite generic „ciulini” (Fig. 372) (de reținut totuși că denumirea populară „ciulin” se aplică în flora României doar pentru anumite genuri și specii), care, la maturitate, se desprind de rădăcini în întregime sau parțial, după care sunt răsturnate pe pământ de vânt, rostogolite și împrăștiind semințele pe măsură ce sunt purtate de acesta (Fig. 372). Printre astfel de plante, care sunt deosebit de frecvente în prerii și câmpii (stepe), se numără specii din genurile *Cycloloma*, *Amaranthus*, *Eryngium*, *Falcaria*, *Seseli*, *Phlomis*, *Centaurea*, *Salsola kali*; acestea, în general, se rup întregi, dar la *Panicum capillare* și la alte plante, se desprind porțiuni care sunt suflate de vânt singure sau atașate de alte plante. De regulă, la acestea, tulpina este lignificată (întărită), iar inflorescențele uscate se păstrează, luând forma unei sfere; la colet există o porțiune mai subțire (slabă) de unde tulpina se rupe cu ușurință, fiind apoi rostogolită de vânt prin stepă.



Fig. 372. „Ciulinii” Bărăganului – captură din filmul „Ciulinii Bărăganului” (1957), regia Louis Daquin și Gheorghe Vitanidis, ecranizare după romanul omonim al lui Panait Istrati – plante întregi se rup și sunt purtate de vânt prin stepele Bărăganului

2. Plante hidrochore: răspândite prin apă

Pe scurt, adaptările în vederea răspândirii prin intermediul apei: fructele sau semințele plutesc pe apă (Fig. 373); semințele au tegument impermeabil pentru apă; fruct globulos, spongios (ca la nufăr, *Nelumbo nucifera* – Fig. 374). Dintre plantele la care apa are rol diseminator, menționăm: cucuta de baltă, cornacii, rogozul, stuful, papura, plopul și salcia (care sunt răspândite și prin vânt), cocosul (Fig. 373B).

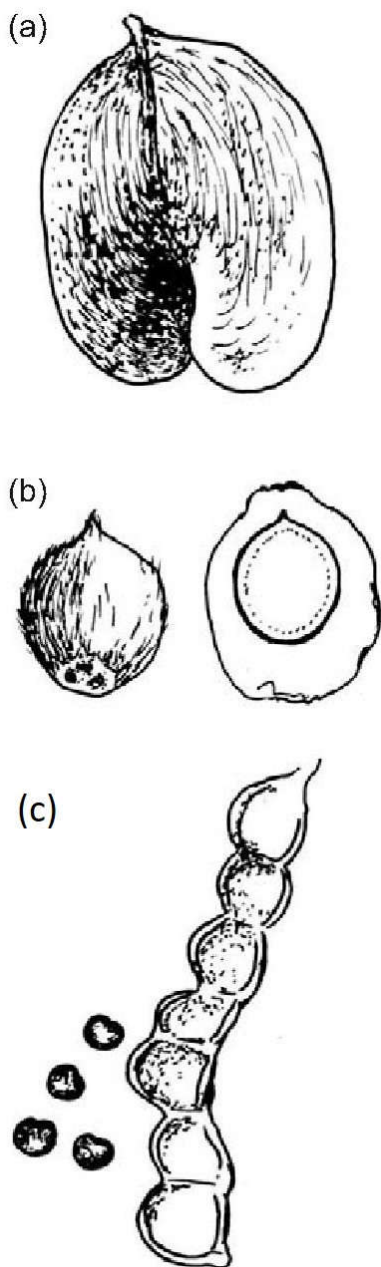


Fig. 373. Hidrochorie: A – *Lodoicea maldivica*; B – *Cocos nucifera* (sămânța la interior înconjurată de endocarp fibros – stânga și secțiune prin fruct – dreapta); C – *Entada gigas* (fruct și sămânță) (Ingrouille și Eddie, 2006)

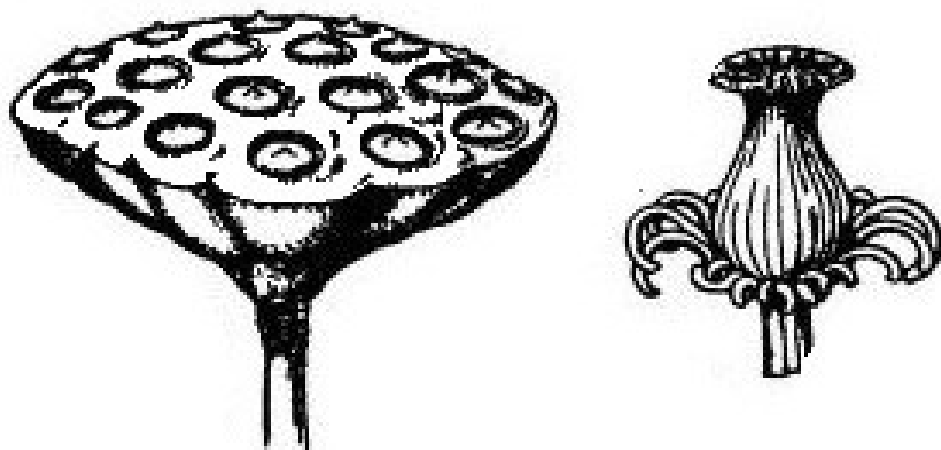


Fig. 374. Fructe de *Nelumbo* (stânga) și *Nuphar* (dreapta) (Bailey, 1950)

Apa, deși mai puțin eficientă decât vântul în ceea ce privește numărul de semințe transportate în locurile unde pot germina și crește, este totuși un agent de dispersie de mare importanță, mai ales pentru că poate transporta diseminulele pe distanțe mari. Uneori, diseminulele se mișcă în direcții precise, ca în râuri și sub influența curenților oceanici regulați, dar în iazuri și lacuri, direcția de mișcare depinde în mod obișnuit de acțiunea vânturilor. Toate semințele sunt mai grele decât aerul și, prin urmare, sunt incapabile de propulsie nelimitată în acest mediu, dar multe semințe și fructe sunt mai ușoare decât apa și, prin urmare, pot fi transportate pe distanțe mari; printre acestea din urmă se numără fructele multor plante acvatice și plante de mlaștină, precum *Sagittaria* și *Sparganium*, a căror greutate mică se datorează în mare măsură prezenței spațiilor cu aer bine dezvoltate în pericarp sau testă. Multe semințe, însă, se scufundă în apă, unele rapid, altele mai încet, astfel încât distanța pe care o pot parcurge este mai mult sau mai puțin limitată, ca la semințele împrăștiate de vânt. Printre semințele care se scufundă imediat sunt incluse cele ale unor hidrofite tipice, cum ar fi *Ceratophyllum* și *Subularia*.

De mare importanță în legătură cu diseminarea prin intermediul apei este gradul de rezistență al semințelor și fructelor plutitoare la intrarea apei. Multe semințe capabile să plutească își pierd în curând vitalitatea prin intrarea apei, care provoacă astfel putrezirea acestora. Acesta este cazul în special dacă apa este dură, și, mai ales, dacă este deopotrivă sărată. De exemplu, nuca de cocos își pierde vitalitatea în câteva zile, prin infiltrarea apei. Spre deosebire de nuca de cocos, fructe precum cele de la *Suriana maritima*, o plantă comună în apele tropicale, s-au dovedit experimental a fi nevătămate după ce au plutit timp de 143 de zile în apă sărată, iar semințele de *Hibiscus tiliaceus*, în mod similar, s-au dovedit a fi capabile să

plutească timp de 121 de zile fără a se deteriora. Prezența aerenchimului, în special în pericarp, întârzie foarte mult infiltrarea apei. La *Barringtonia*, rezistența la infiltrare este atât de mare, încât bucățile rupte de fructe plutesc mai mult de douăzeci de săptămâni într-o soluție de sare de 3%. La multe plante de apă (cum ar fi *Sagittaria* și *Proserpinaca*), semințele își pot păstra vitalitatea pe fundul iazurilor timp de câțiva ani. În aceste cazuri, cel mai probabil, păstrarea vitalității la semințele scufundate se datorează rezistenței la infiltrarea apei a diferitelor învelișuri la nivelul semințelor sau fructelor.

Răspândirea diseminulelor (semințe, fructe, fruct și sămânță, uneori chiar plantule – exemplul clasic este cel al plantulelor de la specii de mangrove) reprezintă o strategie foarte importantă la plantele tropicale, la care aceste diseminule pot pluti „în derivă” luni sau chiar ani, cu o viabilitate a semințelor care variază în limite foarte largi.

Cu toate acestea, cele mai multe diseminule tropicale nu plutesc nici în apă dulce, nici în apa sărată de mare. Se estimează că mai puțin de 1% din speciile de spermatofite (plante cu sămânță) tropicale produc diseminule care plutesc „în derivă” în apa de mare timp de cel puțin o lună. Diseminulele care plutesc au greutatea specifică mai mică decât cea a apei de mare.

Din punct de vedere morfologic și anatomic, există foarte multe țesuturi (structuri) la nivelul seminței și/sau fructului care contribuie la asigurarea flotabilității acestor diseminule. Gunn și Dennis (1976) au inclus principiile de flotabilitate care asigură plutirea diseminulelor tropicale în cinci grupe (Fig. 375):

Grupa 1 – Flotabilitate datorată cavității din interiorul diseminulei. La nivelul seminței: cavitatea intercotiledonară (*Entada* sp., *Ipomoea* sp., *Merremia* sp., *Mucuna fawcettii*, *M. sloanei*, *M. urens*, *Omphalea diandra*); cavitate formată deoarece endospermul sau embrionul umple incomplet sămânța (*Aleurites* sp. și unele semințe individuale de *Caesalpinia* sp.). La nivelul fructelor: cavități în perețele fructelor (*Juglans* sp., *Sacoglottis amazonica*); cavitate mai mult sau mai puțin centrală (*Canarium* sp., toate genurile de *Palmae*).

Grupa 2 – Flotabilitate datorată țesutului cotiledonar ușor (greutate mică) (*Canavalia* sp., *Dioclea* sp., *Erythrina* sp.).

Grupa 3 – Flotabilitate datorată unui înveliș fibros sau suberos sau unei combinații ale ambelor (*Cerbera* sp., *Hippomane mancinella*, *Terminalia* sp.).

Grupa 4 – Flotabilitate datorată subțiririi diseminulei (*Avicennia germinans*, *Peltophorum inerme*).

Grupa 5 – Flotabilitate datorată unei combinații a factorilor de mai sus (*Barringtonia asiatica*, *Cocos nucifera*, *Grias cauliflora*).

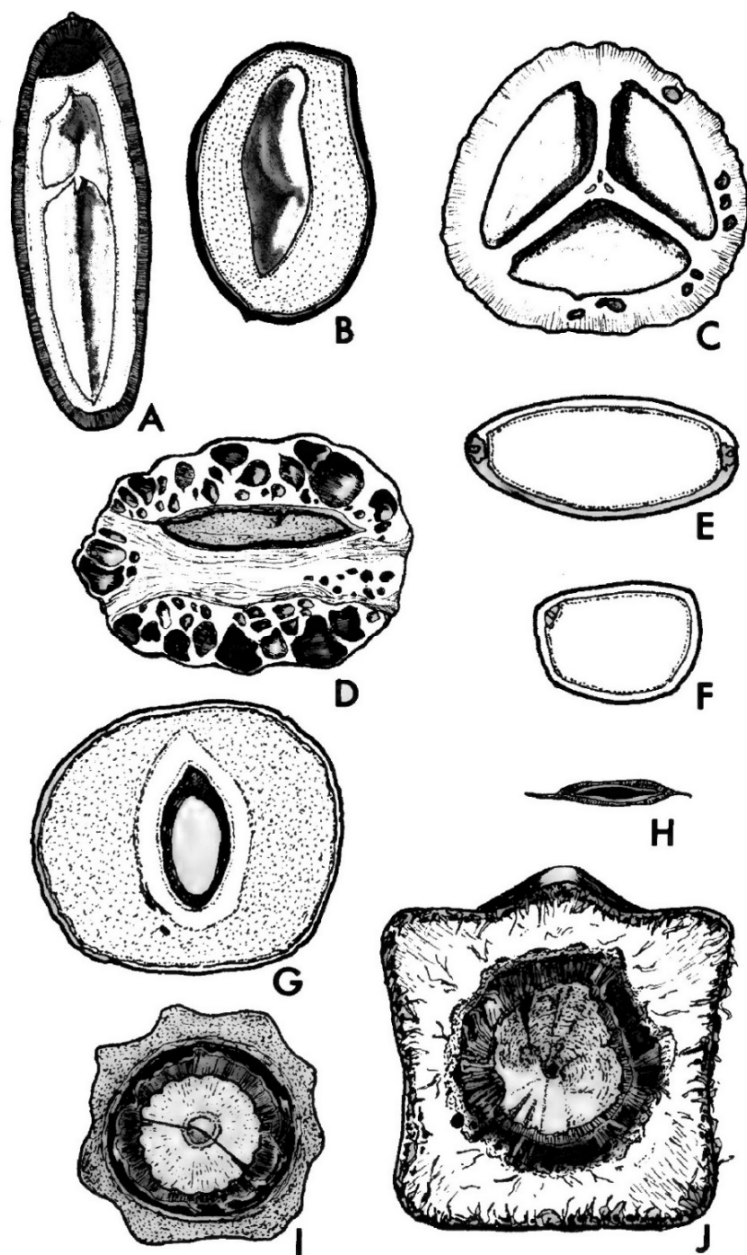


Fig. 375. Principii de flotabilitate – secțiuni transversale și longitudinale prin diseminulele care plutesc; Grupa 1: A – *Entada phaseoloides*; B – *Omphalea diandra*; C – *Canarium decumanum*; D – *Sacoglottis amazonica*; Grupa 2: E, F – *Dioclea reflexa*; Grupa 3: G – *Cerbera manghas*; Grupa 4: H – *Peltophorum inerme*; Grupa 5: I – *Grias cauliflora*; J – *Barringtonia asiatica* (Gunn și Dennis, 1976)

3. Plante zoochore – răspândite cu ajutorul animalelor

Acestea pot fi:

– *endozoochore*, când animalul joacă rol activ, diseminând fructe cărnoase: baca, drupa, măceșa – de către mamifere; aluna, jirul, ghinda – de către veveriță; viorele, brebenei, rostopască – de către furnici; vâsc – de către sturz, mătăsar; semințe cu ariloid (la salba moale) – de către prigorii, pițigoi;

– *exozoochore* (Fig. 376, 377), când animalul nu joacă rol activ, ci pasiv, diseminând fructe uscate, care au: bractei lipicioase, cu capăt recurbat (la brusture), stil acrescent, încovoiat pe fruct (la cerențel), spini microscopici pe tegumentul seminței (la neghină), țepi și cârlige (la morcov, turiță, holeră); toate aceste formațiuni adaptative se prind de lână, peri, pene, picioare.

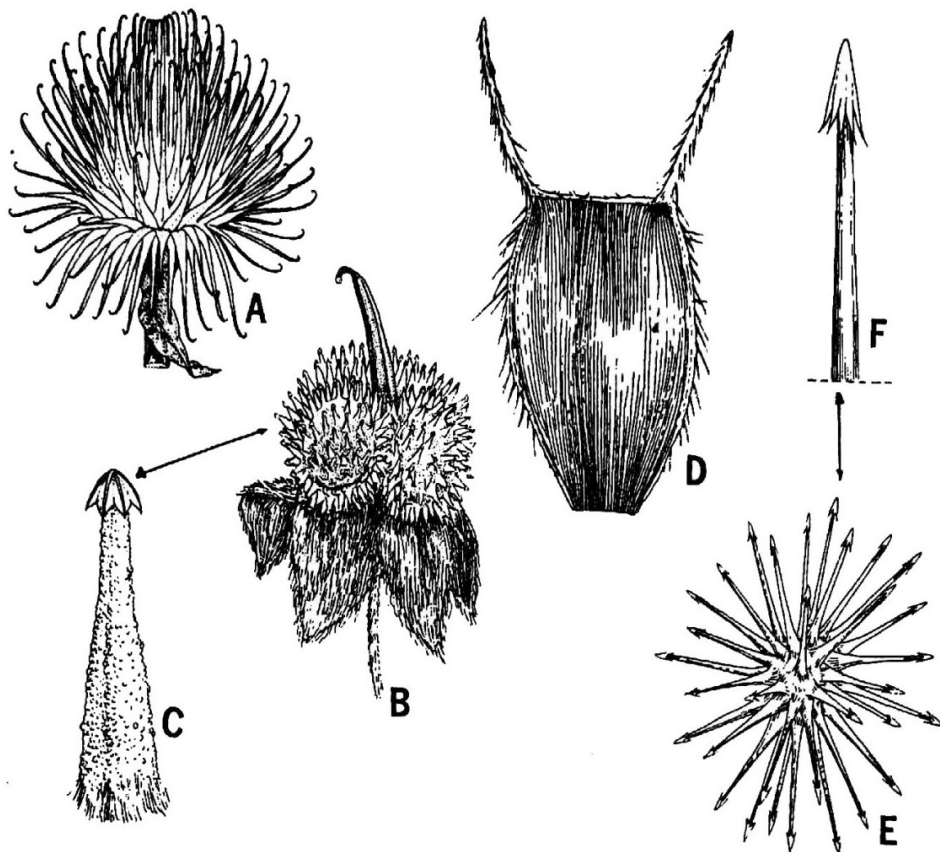


Fig. 376. Fructe răspândite cu ajutorul animalelor: A – *Arctium minus*; B – *Cynoglossum officinale*; C – spin izolat de *Cynoglossum*; D – *Bidens*, papus; E – *Acaena* – sepalе scurte și ascuțite; F – spin de tip ancoră-harpon la *Acaena* (Scagel et al., 1984)

Multe fructe și semințe au mijloace de atragere a animalelor; în cazul mamiferelor:

- fructele cărnoase coapte au culori vizibile și emit mirosuri atrăgătoare pentru păsări și mamifere; trecerea lor prin intestin poate dăuna sau nu semințelor; uneori sunt mestecate de animale;

- fructele uscate (de la stejar, fag, alun) sunt luate pentru rezervă de către veveriță, hârciog: unele sunt pierdute până la vizuină, altele rămân și germinează aici.

În cazul păsărilor:

- fructe cărnoase cu semințe ce trec prin intestin fără a pierde capacitatea de germinare; acestea sunt răspândite la mari distanțe (de găște, mierle ș.a.), precum cele de la unii arbuști (afin, merișor, vuietoare, strugurii ursului);

- alte păsări (precum gaițele) fac rezerve de fructe cu semințe (stejar, frasin, pin), care adesea sunt uitate sau părăsite.

În cazul furnicilor:

- semințe mici, cu elaiofori ce elaborează elaiosomi cu lipide, sunt transportate în comun de 1-3 furnici;

- semințe cu anexe cărnoase, de la rostopască, ceapa ciorii, floarea paștelui, piperul lupului, brebenei, toporași, laptele câinelui, ricin, ghiocel ș.a.

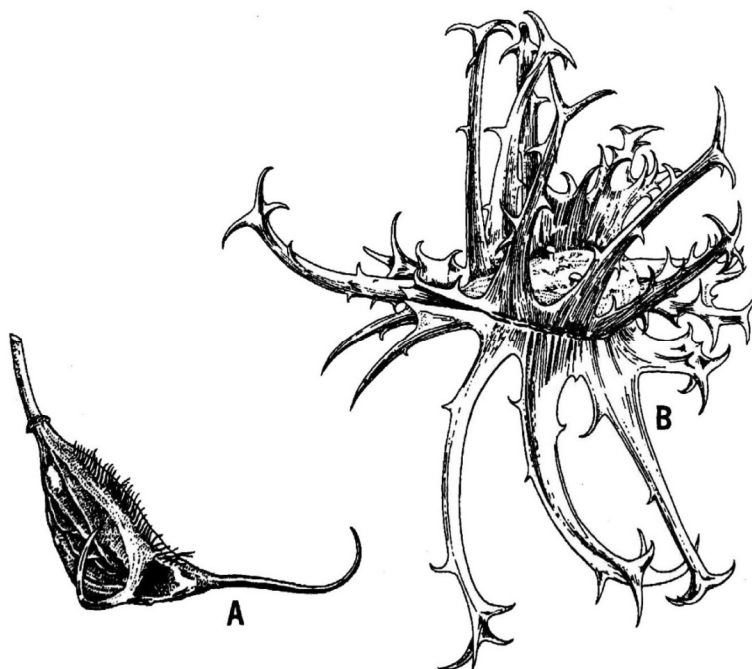


Fig. 377. Fructe înalt specializate pentru răspândirea cu ajutorul animalelor:
A – *Proboscidea* sp.; B – *Harpagophytum* sp. (Scagel et al., 1984)

În cazul marsupialelor:

– Marsupialul *Dromiociops australis* consumă bacele de *Tristerix corymbosus* (din aceeași familie cu vâscul); semințele sunt defecate intacte (noaptea); nicio pasăre nu mănâncă aceste fructe. Este o relație mutualistă care durează din Cretacicul timpuriu-mijlociu. Acest tip de vâsc aparține unuia din cele mai primitive genuri ale familiei *Loranthaceae*.

4. Dispersare prin propulsie

La fructele dehiscente sămânța, în general, este cea împrăștiată, iar la fructele indehiscente, fructul în ansamblu, este organul diseminat. În unele cazuri, mecanismul dehiscenței este atât de brusc și violent, încât semințele sunt expulzate în același timp.

La dehiscență, semințele de violetă și lupin sunt împrăștiate câțiva centimetri (uneori aproape un metru), în timp ce cele de *Hamamelis* sunt expulzate mult mai violent și pot fi împrăștiate pe o rază de câțiva metri. La lupin semințele sunt expulzate spiralat din cauza torsiunii valvelor. La *Geranium*, carpelele se separă de axa centrală, spiralizându-se în sus și descărcând astfel semințele. La *Hura crepitans* dehiscența este atât de violentă, încât semințele sunt descărcate cu un zgomot exploziv.

La *Ecballium* (*ecballein*, gr. – a arunca afară) semințele sunt expulzate forțat, împreună cu unele dintre țesuturile fructului, de unde și numele popular al speciei, *plesnitoare*; în flora României, există specia *Ecballium elaterium* (*plesnitoare*, familia *Cucurbitaceae*), care vegetează pe litoralul Mării Negre și al lacurilor sărate din vecinătatea litoralului (Fig. 378).

La *Impatiens*, țesuturile fructelor se află într-o stare de echilibru atât de delicat, încât o simplă atingere provoacă dehiscența și o dispersare violentă, de unde semnificația numelui științific, precum și a numelui popular (*impatiens*, lat. – nerăbdător; engleză – „touch-me-not” – „nu mă atinge”); în România, este comună, prin locurile umede și umbroase din păduri, specia *Impatiens noli-tangere* (*noli-tangere*, lat. – „nu mă atinge”).

La o specie de vâsc vestic, *Arceuthobium occidentale*, fructele coapte explodează, ejectând semințele pe o rază de câțiva metri; ca și la alte fructe de vâsc, acestea aderă ușor pe un substrat (suport). În multe cazuri, nu există o dehiscență violentă, dar semințele se află într-o astfel de poziție, încât un impact mecanic provoacă împrăștierea acestora. Majoritatea capsulelor (ca la *Oenothera* și *Pedicularis*) și multe păstăi stau întinse cu valve deschise, iar vântul poate scutura semințele sau animalele se pot atinge ușor de ele.

La multe specii de mentă, dacă se presează (strânge) un caliciu care are nucule mature, acestea din urmă sunt împrăștiate, la eliberare. Un interes deosebit îl prezintă *Polygonum virginianum*, a cărui achenă este fixată strâns de o pernă elastică

de țesut, în așa fel încât, atunci când este apăsată în spate, se dezlipește la eliberare pe o distanță de trei sau patru metri.

Evident, împrăștierea semințelor prin propulsie este relativ inefficientă, deoarece, în cel mai bun caz, semințele sunt împrăștiate doar la câțiva metri de planta parentală, însă, de obicei, pe o distanță mult mai mică.



Fig. 378. Fruct de plesnitoare – *Ecballium elaterium* (original)

BIBLIOGRAFIE

1. Adam P., 1994 – *Australian rainforests* (Oxford biogeography series no. 6), Oxford: Oxford University Press
2. Albertson F. W., 1937 – Ecology of mixed prairie in west central Kansas. *Ecol. Monogr.*, 7: 481-547
3. Albertson F. W., Weaver J. E., 1945 – Injury and death or recovery of trees in prairie climate. *Ecol. Monogr.*, 15(4): 395-433
4. Alllen W. A., Gausman H. W., Richardson A. J., 1973 – Willstätter-Stoll theory of leaf reflectance evaluated by ray tracing. *Appl. Optics*, 12: 2448-2453
5. Andrei M., 1997 – *Morfologia generală a plantelor*, Editura Enciclopedică, București
6. Anghel Gh., Chirilei H., 1960 – *Botanica*, Ministerul Agriculturii, Editura Agro-Silvică, București
7. Arber A., 1920 – *Water plants. A study of aquatic angiosperms*, Cambridge at the University Press
8. Archibold O. W., 1995 – *Ecology of world vegetation*, Springer-Science+Business Media, B.V
9. Ascherson P., Graebner P., 1907 – Potamogetonaceae, In *Das Pflanzenreich. Regni vegetabilis conspectus*, IV, 2, Leipzig Verlag von Wilhelm Engelmann
10. Bailey L. H., 1950 – *The standard cyclopedia of horticulture*, Vol. I, New York, The Macmillan Company
11. Barnes C. R., 1898 – *Plant life considered with special reference to form and function*, New York, Henry Colt & Company
12. Barrett S. C. H., Eckert C. G., Husband B. C., 1993 – Evolutionary processes in aquatic plant populations. *Aquat. Bot.*, 44: 105-145
13. Baskin C. C., Baskin J. M., 1998 – *Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*, Academic Press, San Diego, London, Boston, New York, Sydney, Tokyo, Toronto
14. Beadlen C. W., 1948 – *The vegetation and pastures of western New South Wales with special reference to soil erosion*, Sydney, Department of Conservation, New South Wales
15. Beldie A., 1953 – *Plantele lemnoase din R. P. R. Manual de determinare*, Editura Agro-Silvică de Stat, București
16. Bell A. D., 1991 – *Plant form. An illustrated guide to flowering plant morphology*, Oxford, New York, Tokyo, Oxford University Press
17. Benzing D. H., 1990 – *Vascular epiphytes. General biology and related biota*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney

18. Berg L. R., 2008 – *Introductory botany. Plants, people, and the environment*, 2nd ed., Thomson, Brooks/Cole, Australia, Brazil, Canada, Mexico, Singapore, Spain, United Kingdom, United States
19. Birand H. A., 1939 – Untersuchungen zur Wasserökologie der Steppenpflanzen bei Ankara. *Jb. wiss. Bot.*, 87(1): 93-172
20. Bold H., 1977 – *The plant kingdom*, 4th edition, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey
21. Bond W. J., van Wilgen B. W., 1996 – *Fire and plants*, Chapman & Hall, London, Glasgow, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras
22. Bonnier G., du Sablon L., 1905 – *Cours de Botanique. Phanérogames*, Paris, Librairie Générale de l'enseignement
23. Børgesen F., Paulsen O., 1900 – La végétation des Antilles danoises. *Rev. Gén. de Bot.*, 12(135), 99-107; 12(136), 138-153; 12(138), 224-245; 12(139), 289-297; 12(141), 344-354; 12(143), 434-446; 12(144), 480-510
24. Box E. O., 1996 – Plant functional types and climate at the global scale. *J. of Veget. Sci.*, 7: 309-320
25. Boyko H., 1957 – Ergänzung Zum Referat von Prof. Dr. Knapp, "Allgemeine Phytobioklimatologie, First bioclimatological Congress", Vienna, part 11, sect. A, 1957
26. Boyko H., Abraham A., 1954 – Examples of root adaptability to aridity. 8ème Congr. Int. Bot. Paris, 1954. Rapports et communications parvenus avant le congrès aux sections 11 et 12, pp. 237-239
27. Britton N. L., 1922 – *Xylophylla epiphyllanthus*. In *Addisonia: colored illustrations and popular descriptions of plants*, 7: 31-32
28. Buia A., Péterfi Șt., 1965 – *Botanica agricolă, vol. I. Morfologia*, Editura Agro-Silvică, București
29. Cabrera A. L., 1949 – Compuestas novas o criticus de la Puna argentina. *Darwiniana*, 9 (1): 40-62
30. Cabrera A. L., 1955 – Latin America. In *Plant ecology, reviews of research / Écologie végétale, compte rendu de recherches*. Paris, UNESCO, 1955 (Arid zone research, VI), printed in France, pp. 77-113
31. Canon W. A., 1906 – Biological relations of certain cacti. *Amer. Nat.*, 40 (469): 27-46
32. Cannon W. A., 1911 – *The root habits of desert plants*, Washington, D. C., published by the Carnegie Institution of Washington
33. Cannon W. A., 1913 – *Botanical features of the Algerian Sahara*, Washington, D. C., published by the Carnegie Institution of Washington
34. Cannon W. A., 1921 – *Plant habits and habitats in the arid portions of South Australia*, Washington, D. C., published by the Carnegie Institution of Washington
35. Cannon W. A., 1949 – A tentative classification of root system. *Ecology*, 30(4): 542-548

36. Chapman V. J., 1944 – Cambridge University expedition to Jamaica. Part 3. The morphology of *Avicennia nitida* Jacq. and the functions of its pneumatophores. *The J. of Linn. Soc. London, Botany*, 52(346): 487-341
37. Ciobanu I., 1964 – *Morfologia plantelor*, Editura Didactică și Pedagogică
38. Coleman W. H., 1844 – Observations on a new species of *Oenanthe*. *Ann. of Nat. Hist.*, XIII: 188-191
39. Cook C. D. K., 1982 – Pollinating mechanisms in the *Hydrocharitaceae*, In *Studies on aquatic vascular plants*, Symoens J. J., Hooper S. S., Compere P. (Eds.), Brussels, Royal Botanical Society of Belgium, pp. 1-15
40. Cook S. A., Johnson M. P., 1968 – Adaptation to heterogeneous environments. I. Variation in heterophylly in *Ranunculus flammula* L. *Evolution*, 22: 496-516
41. Cook C. D. K., Gut B. J., Rix E. M., Schneller J., Seitz M., 1974 – *Water plants of the world. A manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes*, Dr. W. Junk b.v., Publishers, The Hague
42. Coulter J. M., Barnes C. R., Cowles H. C., 1911 – *Textbook of botany for colleges and universities, vol. II. Ecology*, New York, Cincinnati, Chicago, American Book Company
43. Cox P. A., 1988 – Hydrophilous pollination. *Ann. Rev. of Ecol. and Syst.*, 19: 261-280
44. Cox P.A., 1993 – Water-pollinated plants. *Sci. Am.*, 269: 68-74
45. Crang R., Lyons-Sobaski S., Wise R., 2018 – *Plant anatomy. A concept-based approach to the structure of seed plants*, Springer Nature Switzerland AG
46. Cronk J. K., Siobhan Fennessy M., 2001 – *Wetland Plants. Biology and ecology*, Lewis Publishers, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.
47. De Lillis M., 1991 – *An ecomorphological study of the evergreen leaf* (Braun-Blanquetia 7), Camerino: Dipartimento di Botanica ed Ecologia dell'Università
48. Dolph G. E., Dilcher D. L., 1980 – Variation in leaf size with respect to climate in Costa Rica. *Biotropica*, 12: 91-99
49. Emboden W. A., 1974 – *Bizarre plants: magical, monstrous, mythical*, Studio Vista, London
50. Engler A., 1907 – Polemoniaceae, In *Das Pflanzenreich. Regni vegetabilis conspectus*, IV, 250, Leipzig Verlag von Wilhelm Engelmann
51. Engler A., 1908 – Die Pflanzenwelt Afrikas insbesondere seiner tropischen Gebiete Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Afrika und die Charakterpflanzen Afrikas, In *Die Vegetation der Erde*, vol. IX, Engler A., Drude O. (Eds.), II. Band, Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann
52. Evenari M., 1938 – Root conditions of certain plants in the wilderness of Judaea. *J. Linn. Soc. (Bot.)*, 51 (340): 383-388
53. Fahn A., 1958 – Xylem structure and annual rhythm of development in trees and shrubs of the desert. I: *Tamarix aphylla*, *T. jordanis* var. *negevensis*, *T. gallica* var. *maris mortui*. *Tropical Woods*, 109: 81-94

54. Fahn A., 1959 – Xylem structure and annual rhythm of development in trees and shrubs of the desert. II: *Acacia tortilis* and *A. raddiana*. *Bull. Res. Council. Israel, Sect. D., Bot.*, 7: 23-28
55. Fassett N. C., 1957 – *A manual of aquatic plants*, Madison, University of Wisconsin Press
56. Fenner M., 1985 – *Seed ecology*, London, New York, Chapman and Hall
57. Figuier L., 1865 – *Histoire des plantes*, Paris, Librairie de L. Hachette et C^{ie}
58. Fogden M. P. L., 1972 – The seasonality and population dynamics of equatorial forest birds in Sarawak. *The Ibis*, 114: 307-413
59. Foster A. S., Gifford Jr. E. M., 1974 – *Comparative morphology of vascular plants*, 2nd ed., W. H. Freeman and Company, San Francisco
60. Frankie G. W., Baker H. G., Opler P. A., 1974 – Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *J. of Ecol.*, 62: 881-913
61. Furley P. A., Newey W. W., Kirby R. P., McG Hoston J., 1983 – *Geography of the biosphere. An introduction of the nature, distribution and evolution of the world's life zones*, Butterworths, London, Boston, Durban, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington
62. Gentry A. H., 1991 – The distribution and evolution of climbing plants. In F. E. Putz & H. A. Mooney (Eds.), *Biology of vines*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 3-52
63. Ghazanfar S. A., 1994 – *Handbook of Arabian medicinal plants*, CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo
64. Gianoli E., 2004 – Evolution of climbing habit promotes diversification in flowering plants. *Proc. of the Royal Soc. of London B*, 271: 2011-2015
65. Givnish T. J., 1978 – On the adaptive significance of compound leaves, with particular reference to tropical trees, In *Tropical Trees as Living Systems*, Tomlinson P. B., Zimmermann M. H (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, pp. 351-380
66. Glendening G. E., 1940 – Development of seedlings of *Heteropogon contortus* as related to soil moisture and competition. *Bot. Gaz.*, 102(4): 684-698
67. Goethe J. W., 1790 – *Versuch, die Metamorphosen der Pflanzen zu erklären*, Gotha, bey Carl Wilhelm Ettinger
68. Gola G., Negri G., Cappelletti C., 1969 – *Tratado de Botanica*, segunda ed., Edición Revolucionaria, Instituto del Libro, Vedado, Habana
69. Gorişina T. K., 1979 – *Ecologia rastenii*, Moskva, „Visşiaia Şkola” (*Ecologia plantelor*)
70. Grigore M.-N. (Editor-in-Chief), 2020-2021 – *Handbook of halophytes. From molecules to ecosystems towards biosaline agriculture*, Springer Nature Switzerland AG 2021, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-57635-6>
71. Grigore M.-N., Toma C., 2017 – *Anatomical adaptations of halophytes. A review of classic literature and recent findings*, Springer International Publishing

72. Grigore M.-N., Ivănescu L., Toma C., 2014 – *Halophytes. An integrative anatomical study*. Springer, Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London
73. Grigore M.-N., 2012 – *Romanian salt tolerant plants. Taxonomy and ecology*. Edit. Tehnopress, Iași
74. Grigore M.-N., Toma C., 2010a – *Halofitele. Aspecte de anatomie ecologică*. Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza”, Iași
75. Grigore M.-N., Toma C., 2010b – *Structuri secretoare de săruri la halofite. O abordare integrativă*. Editura Academiei Române, București
76. Grigore M.-N., Toma C., 2010c – A proposal for a new halophytes classification, based on integrative anatomy observations. *Muz. Olteniei Craiova. Studii și Comunicări, Științele Naturii*, 26(1): 45-50
77. Grigore M.-N., Toma C., 2011 – Ecological implications of bulliform cells on halophytes, in salt and water stress natural conditions. *Studia Universitatis 'Vasile Goldiș', Ser. Șt. Vieții*, 21(4): 785-792
78. Grigore M. N., Toma C., 2011. Halofitele, o categorie ecologică polimorfă. Între seceta fiziologică a solului și stresul salin. *Revista Botanică (Chișinău)*, 2(3): 38-46
79. Grigore M.-N., 2008 – *Halofitotaxonomia. Lista plantelor de sărătură din România*, Editura PIM, Iași
80. Grigore M.-N., 2008 – *Introducere în Halofitologie. Elemente de anatomie integrativă*, Editura PIM, Iași
81. Grigore M.-N., 2019 – Defining halophytes – A conceptual and historical approach in an ecological frame, In *Halophytes and climate change: Adaptive mechanisms and potential uses*, Hasanuzzaman M, Sergey Shabala and Masayuki Fujita (Eds.), CABI, pp. 3-18
82. Grigore M.-N., 2020. Definition and classification of halophytes as an ecological group of plants. In: Grigore M.-N. (Ed.), *Handbook of halophytes. From molecules to ecosystems towards biosaline agriculture*, Springer, pp. 3-50
83. Grigore M.-N., 2020. A botanical history of Halophytes. From Theophrastus to nowadays. In: Grigore M.-N. (Ed.), *Handbook of halophytes. From molecules to ecosystems towards biosaline agriculture*, Springer, pp. 51-94
84. Grigore M.-N., Toma C., 2021. Integrative anatomy of halophytes from Mediterranean climate. In: Grigore M.-N. (Ed.), *Handbook of halophytes. From molecules to ecosystems towards biosaline agriculture*, Springer, pp. 1293-1328
85. Grigore M.-N., Toma C., 2020. Morphological and anatomical adaptations of halophytes. A review. In: Grigore M.-N. (Ed.), *Handbook of halophytes. From molecules to ecosystems towards biosaline agriculture*, Springer, pp. 1079-1222
86. Grigore M.-N., Toma C., Boșcaiu M., Zamfirache M.-M., Ivănescu L., 2012 – Anatomical and ecological observations on psammo-halophytes species (Eastern part of Spain). *Lucr. Șt. (Horticultură), USAMV „Ion Ionescu de la Brad”, Iași*, 55(2): 19-24.

87. Grigore M.-N., Toma C., Zamfirache M.-M., Ivănescu L., Daraban I., 2013 – Anatomical and ecological observations in succulent (articulated) halophytes from *Chenopodiaceae*. *Lucr. Șt. (Horticultură), USAMV „Ion Ionescu de la Brad”, Iași*, 56(2): 19-24
88. Grințescu I., 1985 – *Botanica*, Editura Științifică și enciclopedică, București
89. Grubb P. J., Lloyd J. R., Pennington T. D., Whitmore T. C., 1963 – A comparison of montane and lowland rain forest in Ecuador. *J. of Ecol.*, 51: 567-601
90. Gunn C. R., Dennis J. V., 1976 – *World guide to tropical drift seeds and fruits*, A Demeter Press Book, Quadrangle / The New York Times Book Co.
91. Gușuleac M., 1939a – Der genetische Standpunkt in der Taxonomie der Früchte. *Bul. Fac. Șt. Cernăuți*, 12 (1938): 206-219
92. Gușuleac M., 1939b – Zur Präzisierung der Nomenklatur der Früchte und der Prinzipien eines natürlichen Fruchtsystems. *Bul. Fac. Șt. Cernăuți*, 12 (1938): 337-355
93. von Guttenberg H., 1956 – *Lehrbuch der Allgemeinen botanik*, Akademie-Verlag, Berlin
94. Haeckel E., 1899 – *Kunstformen der Natur*, Leipzig und Wien, Verlag des Bibliographischen Instituts
95. Halle F., Oldeman R. A. A., Tomlinson P. B., 1978 – *Tropical trees and forests*, Springer, Berlin
96. Harris J. G., Harris M. W., 2001 – *Plant identification terminology. An illustrated glossary*, 2nd ed., Spring Lake Publishing, Spring Lake, Utah
97. Harrison S. P., Prentice I. C., Barboni D., Kohfeld K. E., Ni J., Sutra J.-P., 2010 – Ecophysiological and bioclimatic foundations for a global plant functional classification. *J. of Veget. Sci.*, 21: 300-317
98. Harshberger J. W., 1911 – Phytogeographic Survey of North America, In *Die Vegetation der Erde*, vol. 13, Engler A., Pruden O. (Eds.), Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann
99. Henrici M., 1927 – Physiological plant studies in South Africa. I: Wilting and osmotic phenomena of grasses and other plants under arid conditions. II: Transpiration of grasses and other plants under arid conditions. *Un. S. Afr. Dep. Agr. Rep. Vet. Res.*, 11, 12: 619-668; 671-702
100. Herre M., 1954 – *Welwitschia mirabilis* Hook. f. from seed to seed in the botanic garden of the University of Stellenbosch. *C. P. J. S. Afr. Bot.*, 20: 23-24
101. Hildebrand F., 1885 – Über *Heteranthera zosterifolia*. *Engler's Bot. Jahrb.* Bd., 6: 137-145
102. Hochreutiner, G., 1897 – Notice sur la Répartition des Phanérogames dans le Rhône et dans le Port de Genève. *Bull. de l'Herbier Boissier*, V(1): 1-14
103. Hostrup O., Wiegler G., 1991 – Anatomy of leaves of submerged and emergent forms of *Littorella uniflora* (L.) Ascherson. *Aquat. Bot.*, 39: 195-209
104. Hotchkiss N., 1972 – *Common marsh, underwater and floating-leaved plants of the United States and Canada*, New York, Dover Publications

105. Huder B., 1935 – Xerophyten. In: *Handwörterbuch der Naturwissenschaften*, Band 10, 2nd ed., Jena, G. Fischer, pp. 702-720
106. Humboldt A. V., 1817 – *De distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem at altitudine montium*, Lutetiae Parisiorum, Libraria Graeco-Latino-Germanica
107. Iljin W. S., 1930 – Die Ursachen der Resistenz von Pflanzenzellen gegen Ausrocknen. *Protoplasma*, 10(3): 379-414
108. Ingrouille M., 1992 – *Diveristy and evolution of land plants*, Chapman & Hall, London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras
109. Ingrouille M., Eddie B., 2006 – *Plants: Evolution and diversity*, Cambridge University Press
110. Ivănescu L., Grigore M.-N., Toma C., 2020 – Ce sunt mangrovele? *Columna*, 9: 61-72
111. Jackson M. B., 1990 – Hormones and developmental change in plants subjected to submergence or soil waterlogging. *Aquat. Bot.*, 38: 49-72
112. Janzen D. H., 1975 – *Ecology of plants in the tropics*, Edward Arnold, London
113. Jenik J., 1978 – Roots and root systems in tropical trees: morphologic and ecologic aspects, In *Tropical trees as living systems*, Tomlinson P. B., Zimmermann M. H. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, pp. 323-349
114. Kausmann B., 1969 – *Botanik für landwirte*, Veb Gustav Fischer Verlag Jena
115. Killian C., 1935 – Études écologiques sur la fluctuation de la pression osmotique chez des psammophytes et quelques halophytes algériens. *Ann. Physiol. Physicochim. biol.*, 11 9(1): 70-124
116. Killian C., 1942 – *Bromus rubens* L. Contribution à l'étude des plantes annuelles xérophvtiques du désert. *Bull. Soc. bot. Genève*, 52: 215-238
117. Klötzli F., 1988 – On the global position of the evergreen broad-leaved (non-ombrophilous) forest in the subtropical and temperate zones. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts an der ETH Zürich, Stiftung Rübel*, 98: 169-196
118. Knuth P., 1906 – *Handbook of flower pollination*, vol. 1, Oxford at the Clarendon Press
119. Koelmeyer K. O., 1959 – The periodicity of leaf change and flowering in the principal forest communities of Ceylon. *Ceyl. Forest.*, 4: 157-89, 308-64
120. Kusmin S. P., 1929-1930 – Water balance and drought resistance of plants in the Apsheron peninsula in connexion with peculiarities in the structure of their root system. *Bull. appl. Bot. Pl.- Breed. (Leningrad)*, 33 (2): 393-426
121. Langenheim J. H., Thimann K. V., 1982 – *Botany. Plant biology and its relation to human affairs*, John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore
122. Lemée G., 1954 – L'économie de l'eau chez quelques Graminées vivaces du Sahara septentrional. *Végétation*, 5-6: 534-541

123. Lee D. W., Lowry J. B., 1980 – Young-leaf anthocyanin and solar ultraviolet. *Biotropica*, 12: 75-76
124. Lindl J., 1843 – *Edwards's botanical register*, 29: plate 44
125. Link J. H. F., 1831 – *Handbuch zur Erkennung der Nutzbarsten und am Häufigsten Vorkommenden Gewächse*. Berlin, In der haude und Spenerschen Buchhandlung (S. J. Josephy) vol. 2, p. 132
126. Longman K. A., Jenik J., 1987 – *Tropical forest and its environment*, 2nd ed., Longman Scientific and Technical, Harlow
127. Lo Gullo M. A., Salleo S., 1988 – Different strategies of drought resistance in three Mediterranean sclerophyllous trees growing in the same environmental conditions. *New Phytol.*, 108: 267-276
128. Maberly S. C., Spence D. H. N., 1989 – Photosynthesis and photorespiration in freshwater organisms: amphibious plants. *Aquat. Bot.*, 34: 267-286
129. Magistad O. C., Breazeale J. F., 1929 – Plant and soil relations at and below the wilting percentage. *Univ. Ariz. Agr. Exp. Sta. Techn. Bull.*, pp. 1-36
130. Maslin B. R. (coordinator), 2018 – *Wattle: Interactive Identification of Australian Acacia, Version 3* – Australian Biological Resources Study, Canberra; Department of Biodiversity, Conservation and Attractions, Perth; Identica Pty. Ltd., Brisbane
131. De Martius C. F. P., 1817-1820 – *Historia naturalis palmarum*, volumen secundum, Lipsiae, T.O. Weigel
132. McDougall W. B., 1941 – *Plant ecology*, Lea & Febiger Philadelphia
133. Medina E., 1983 – Adaptations of tropical trees to moisture stress, In *Ecosystems of the World, Vol. 14A. Tropical Rain Forest Ecosystems Structure and Function*, Golley F. B. (ed.), Elsevier, Amsterdam, pp. 225-237
134. Medway L., 1972 – Phenology of a tropical rain forest in Malaya. *Biol. J. of the Linn. Soc.*, 4: 117-146
135. Meeuse B. J. D., 1961 – *The story of pollination*, New York, Roland Press Co.
136. Meyer H. J., 1895-1897 – *Meyers Konversations-Lexikon. Ein Nachschlagewerk des allgemeinen Wissens*, 5th edition, Bibliographisches Institut – Leipzig 1895-1897
137. Migaud A. M., 1937 – The water economy and the development of *Kalanchoe aegyptiaca* under different conditions of soil moisture. Cairo (Egyptian University, Faculty of Sciences bulletin, no. 11)
138. Miller O. B., 1952 – The woody plants of the Bechuanaland protectorate. *J. S. Afr. Bot.*, 18 (1): 1-100
139. Montenegro G., Hoffmann A. J., Aljaro, M. E., Hoffmann A. E., 1979 – *Satureja gilliesii*, a poikilohydric shrub from the Chilean mediterranean vegetation. *Can. J. of Bot.*, 57: 1206-1213
140. Morariu I., 1960 – *Botanică generală și sistematică*, Ministerul Agriculturii, Editura Agro-Silvică, București

141. Morariu I., 1965 – *Botanică generală și sistematică, cu noțiuni de geobotanică*, ed. a II-a, Editura Agro-Silvică, București
142. Morello J., 1951 – Multiplicación de arbustos en las mesetas araucanas del valle de Santa Maria. *Bol. Soc. argent. Bot.*, 3(4): 207-217
143. Morello J., 1952 – El bosque de algarroba y la estepa de Jarilla. *Darwiniana*, 9 (3-4): 315-347
144. Morello J., 1955, 1956 – Estudios botánicos en las regiones áridas de la Argentina. I: Ambiente, morfología y anatomía de cuatro arbustos resinosos de follaje permanente del Monte. II: Transpiración de los arbustos resinosos de follaje permanente del Monte. III: Reacciones de las plantas a los movimientos del suelo en neuquen extra-andino. *Rev. agronom. noroeste argentino*, 1(3), 1955, p. 301-370, 385-524; 2(1) 1956, p. 79-152
145. Morlova I., Chirilă C., Ursu T., Baciú E., Ciocîrlan V., Cosmin S., Oprea C., Turcu Gh., Dobre F., Ungureanu L., 1966 – *Botanica. Lucrări practice*, Editura Didactică și Pedagogică, București
146. Mueller I. M., Weaver J. E., 1942 – Relative drought resistance of seedlings of dominant prairie grasses. *Ecology*, 23(4): 381-398
147. Napp-Zinn K., 1984 – *Anatomie des Blattes. II. Blattanatomie der Angiospermen. B. Experimentelle und ökologische Anatomie des Angiospermenblattes*, Berlin Stuttgart: Gebr. Bornträger, pp. 1-519
148. Neger F. W., 1913 – *Biologie der Pflanzen auf experimenteller Grundlage: Bionomie*, Stuttgart, F. Enke
149. Onwueme I. C., 1978 – *The tropical tuber crops: yams, cassava, sweet potato, and cocoyams*, John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto
150. Oppenheimer H. R., 1960 – Adaptation to drought: xerophytism. In *Plant-water relationships in arid and semi-arid conditions. Reviews of research*, UNESCO, Printed by C. J. Bucher, Lucerne, Switzerland, pp. 105-138
151. Oppenheimer H. R., 1956 – Pénétration active des racines de buissons méditerranéens dans les roches calcaires. *Bull. Res. Counc. Israel, sect. D (Bot.)*, 5(2-3): 219-222
152. Oppenheimer H. R., 1957 – Further observations on roots penetrating into rocks and their structure. *Bull. Res. Counc. Israel, sect. D (Bot.)*, 6(1): 18-31
153. Orshan G., 1963 – Seasonal dimorphism of desert and mediterranean chamaephytes and its significance as a factor in their water economy, In *The water relations of plants*, Rutter A. J., Whitehead F. H. (Eds.), Wiley, New York, pp. 206-22
154. Orshan G., 1972 – Morphological and physiological plasticity in relation to drought. Wildland Shrubs – Their Biology and Utilization. Proc. Int. Symp., Utah State University: 245-254
155. Pasquet-Kok J., Creese C., Sack L., 2010 – Turning over a new “leaf”: multiple functional significances of leaves versus phyllodes in Hawaiian *Acacia koa*. *Plant, Cell and Environ.*, 33: 2084-2100

156. Pfadenhauer J. S., Klötzli F. A., 2020 – *Global vegetation. Fundamentals, ecology and distribution*, Springer Nature Switzerland
157. Philbrick C. T., 1988 – Evolution of underwater outcrossing from aerial pollination systems: a hypothesis. *Ann. of the Miss. Bot. Garden*, 75: 836-841
158. van der Pijl L., 1982 – *Principles of dispersal in higher plants*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
159. Pietropaolo J., Pietropaolo P., 1986 – *Carnivorous plants of the world*, Timber Press, Inc., Portland, Oregon
160. Piperno D. R., Pearsall D. M., 1998 – *The origins of agriculture in the lowland neotropics*, Academic Press, San Diego, London, New York, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto
161. Pizon A., 1906 – *Anatomie et physiologie végétales*, Paris, Octave Doin, Éditeur
162. Prodan I., 1939 – *Flora pentru determinarea și descrierea plantelor ce cresc în România, ed. a doua, vol. II. Noțiuni generale de Fitogeografie. Fiziografia generală a României. Fitogeografia României*, Cluj, Tipografia „Cartea Românească”
163. Pyrard F., 1611 – *Discours du voyage des Francais aux Indes Orientales*, Paris, Chez David le Clerc
164. Rachid M., 1947 – Transpiração e sistemas subterraneas da vegetação de verão dos Campos Cerrados de Emas. *Univ. São Paulo, Fac. Fil. Cienc. Letres Bol. 80 Botanica*, 5: 5-139
165. Rawitscher F. 1946 – Die Erschöpfung tropischer Böden infolge der Entwaldung. *Acta Tropica*, 3(3): 211-241
166. Rawitscher F., 1948 – The water economy of the vegetation of the Campos Cerrados in Southern Brazil. *J. of Ecol.*, 36: 237-268
167. Rawitscher F., Rachid M., 1946 – Troncos subterrancos de plantas brasileiras. *Ann. Acad. bras. Sci.*, 18(4): 261-280
168. Rawitscher F., Ferri M. G., Rachid M., 1943 – Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil meridional. *Ann. Acad. bras. Sci.*, 15 (4): 267-294
169. Răvăruț M., Anghel Gh., Buia A., Nyarady A., Morlova I., 1967 – *Botanică*, Editura Didactică și Pedagogică, București
170. Răvăruț M., Turenschi E., 1973 – *Botanica*, Editura Didactică și Pedagogică, București
171. Read J., Sanson G. D., 2003 – Characterizing sclerophylly: the mechanical properties of a diverse range of leaf types. *New Phytol.*, 160: 81-99
172. Reading S., 1990 – *Desert plants*, Facts on File, New York, Oxford, Sydney
173. Reichenbach H. G., 1858 – *Xenia orchidacea: Beiträge zur Kenntniss der Orchideen*, vol. 1, Leipzig: F. A. Brockhaus
174. Reich P. B., Borchert R., 1988 – Changes with leaf age in stomatal function and water status of several tropical tree species. *Biotropica*, 20: 60-69

175. Reinke J., 1897 – *Die Assimilationsorgane der Asparageen. Eine kritische Studie zur Entwicklungslehre*, Berlin: Gebrüder Borntraeger
176. Richards P. W., 1936 – Ecological observations on the rain forest of Mount Dulit, Sarawak. *Part I. J. of Ecol.*, 24: 1-37
177. Richards P. W., 1952 – *The Tropical Rain Forest*, Cambridge University Press, Cambridge
178. De Rochon A. M., 1802 – *Voyages a Madagascar, a Maroc, et aux Indes Orientales*, 2: 145-150, Prault, Paris
179. Roth I., 1984 – *Stratification of tropical forests as seen in leaf structure*, Junk, The Hague
180. Sarup S., 1952 – Plant ecology of Jodphur and its neighbourhood. A contribution to the ecology of north-western Rajasthan. *Bull. Nation. Inst. Sci. India*, 1: 223-232
181. Scagel R. F., Bandoni R. J., Maze J. R., Rouse G. E., Schofield W. B., Stein J. R., 1984 – *Plants. An evolutionary survey*, Wadsworth Publishing Company, INC., Belmont, California
182. Schenck H. I., 1892 – Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen, im Besonderen der in Brasilien einheimischen Arten. Theil I. Beiträge zur Biologie der Lianen. Botan. Mittheil. aus den Tropen. Heft IV. Jena, Verlag von Gustav Fischer
183. Schenck H. I., 1893 – Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen, im Besonderen der in Brasilien einheimischen Arten. Theil II. Beiträge zur Anatomie der Lianen, Heft V. Jena, Verlag von Gustav Fischer
184. Schimper A. F. W., 1903 – *Plant geography upon a physiological basis*, Oxford: Clarendon Press
185. Schooley J., 1997 – *Introduction to botany*, Delmar Publishers, Albany
186. Schulze E.-D., Beck E., Buchmann N., Clemens S., Müller-Hohenstein K., Scherer-Lorenzen M., 2018 – *Plant ecology*, 2nd ed., Berlin: Springer Nature
187. Schnell D. E., 2002 – *Carnivorous plants of the United States and Canada*, 2nd ed., Timber Press, Portland, Oregon
188. Schomburgk R. H., 1838 – The *Victoria regina*. In The Penny Magazine, pp. 20-21
189. Sergueeff M., 1907 – *Contribution à la morphologie et la biologie des Aponogétonacées*, Impr. W. Kündig, Genève
190. Shmueli E., 1948 – The water balance of some plants of the Dead Sea salines. *Palest. J. Bot. Jerusalem*, 4(3): 117-143
191. Schopmeyer C. S., 1939 – Transpiration and physico-chemical properties of leaves as related to drought resistance in Loblolly pine and shortleaf pine. *Plant. Phys.*, 14(3): 447-462
192. Shreve F., 1931 – Physical conditions in sun and shade. *Ecology*, 12: 96-104
193. Shreve F., 1942 – The desert vegetation of North America. *Bot. Rev.*, 8: 195-246

194. Sitte P., Ziegler H., Ehrendorfer F., Bresinsky A., 1998 – *Strasburger Lehrbuch der Botanik*, 34. Auflage, Gustav Fischer, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm
195. Specht R. L., Rayson P., 1957 – Dark Island Heath (90-mile plain, South Australia). III: The root system. *Aust. J. Bot.*, 5(1): 103-114
196. Sperotto P., Acevedo-Rodríguez P., Vasconcelos T. N. C., Roque N., 2020 – Towards a standardization of terminology of the climbing habit in plants. *The Bot. Rev.*, 86: 180-210
197. Stevenson D. W., 1975 – Taxonomic and morphological observations on *Botrychium multifidum* (*Ophioglossaceae*). *Madroño*, 23: 198-204
198. Stocker O., 1928 – *Der Wasserhaushalt ägyptischer Wüsten- und Salzpflanzen*. Jena, G. Fischer (Botanische Abhandlungen, Band 13)
199. Stern K., Jansky S., Bidlack J. E., 2003 – *Introductory plant biology*, 9th ed., The McGraw-Hill Company
200. Stocker O., 1933 – Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen. II: Untersuchungen in der ungarischen Alkalisteppe. *Jb. wiss. Bot.*, 78 (5): 751
201. Strasburger E., Noll F., Schenck H., Schimper A. F. W., 1894 – *Lehrbuch der Botanik für hochschulen*, Jena, Verlag von Gustav Fischer
202. Sveshnikova M. V., Zalensky O. V., 1956 – Water regime of plants of arid territories in Central Asia and Kazakstan, 18th Intern. Geogr. Congr. (*Geographical problems*), Moscow; Leningrad, Publishing Centre of the U.S.S.R. Academy of Sciences, pp. 227-237 (în limba rusă)
203. Șerbănescu-Jitariu G., Toma C., 1980 – *Morfologia și anatomia plantelor*, Editura Didactică și pedagogică, București
204. Taiz L., Zeiger E., 2002 – *Plant Physiology*, 3rd ed., Sinauer Associates
205. Taubert P., 1894 – Leguminosae. In *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*, III.3, Leipzig Verlag von Wilhelm Engelmann, pp. 70-385
206. Taylor C. J., 1960 – *Synecology and Silviculture in Ghana*, Nelson, Edinburgh
207. van Tieghem Ph., 1906 – *Éléments de Botanique*, I, II, 4^{ème} édition, Paris Masson et C^{ie}, Éditeurs
208. Throm G., 1996 – *Grundlagen der Botanik*, 2. Überarbeitete und Erweiterte Auflage, Nikol Verlag, Wiesbaden
209. Todor I., 1958 – *Botanica. Vol. I. Morfologie*. Litografia și Tipografia Învățământului, București
210. Toma C., Ivănescu L., Toniuc A., 2017 – Mihail Gușuleac (1887-1960) – 130 years since his birth. *An. Șt. Univ. „Al. I. Cuza” Iași s. II. a. Biol. Veget.*, 63(1-2): 55-58
211. Toma C., Niță M., Rugină R., Ivănescu L., Costică N., 2003 – *Morfologia și anatomia plantelor. Manual de lucrări practice*, ediția a 2-a revizuită și îmbunătățită, Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza” din Iași
212. Turner I. M., 1994 – Sclerophylly: Primarily protective? *Funct. Ecol.*, 8: 669-675

213. Turner I. M., 2001 – *The ecology of trees in the tropical rain forest*, Cambridge University Press
214. Van Houtte L., 1852-1853 – *Flore des serres et des jardins de l'Europe*, tome 8, A Gand
215. Vassiliev J. M., 1931 – Über den Wasserhaushalt von Pflanzen der Sandwüste im südöstlichen Kara-Kum. *Planta*, 14(2): 225-309
216. Villar R., Merino J., 2001 – Comparison of leaf construction costs in woody species with differing leaf life-span in contrasting ecosystems. *New Phytol.*, 151: 213-226
217. von Marilaun A. K., 1902 – *The natural history of plants*, vol. 1, 2, London Blackie & Son, Limited, 50 Old Bailey, E.G., Glasgow and Dublin
218. Voss E., 1972 – *Michigan Flora, Part I: Gymnosperms and Monocots*, Bloomfield Hills, MI, Cranbrook Institute of Science
219. Zalensky O. V., 1940 – Distribution and ecological peculiarities of pistachio (*Pistacia vera* L.) and almond (*Amygdalus communis* L.) in the western Kopet-Dagh (Turkmenian S.S.R.). *Bot. Zh.*, 25(1): 20-37 (în limba rusă)
220. Zimeermann W., 1959 – *Die Phylogenie der Pflanzen*, Fischer, Stuttgart
221. Zohary M., Orshansky G., 1954 – Ecological studies in the vegetation of the Near East deserts. V: The *Zygophylletum dumosi* and its hydroecology in the Negev of Israel. *Vegetatio*, 5-6: 341-350
222. Zohary M., Orshansky G., 1956 – Ecological studies in the vegetation of the Near East Deserts. II. Wadi Araba. *Vegetatio*, 7(1): 15-37
223. Walter H., 1932 – Die Wasserverhältnisse an verschiedenen Standorten in humiden und ariden Gebieten. *Beih. Bot. Zbl.*, 49, suppl. (Druck-Festschrift): 495-514
224. Walter H., 1939 – Grasland, Savanna und Busch der ariden Teile Afrikas in ihrer ökologischen Bedingtheit. *Jb. wiss. Bot.*, 87(5): 750-860
225. Walter H., 1974 – *Vegetația Pământului în perspectivă ecologică*, Editura Științifică. București
226. Warming E., 1897 – Halofyt-studier. *D Kgl Danske Vidensk Selsk. Skr*, 6, Raekke, naturvidenskabeling og matematisk Afd. VIII, 4: 173-272
227. Warming E., 1909 – *Ecology of plants. An introduction to the study of plant communities* (English edition prepared by P. Groom, I. B. Balfour). Oxford: Clarendon Press
228. Warming E., 1918 – *Eug. Warming's Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie*, Berlin Verlag von Gebrüder Borntraeger
229. Weaver J. E., 1919 – *The ecological relations of roots*, Washington, D. C., published by the Carnegie Institution of Washington
230. Weaver J. E., 1920 – *Root development in the grassland formation: A correlation of the root systems of native vegetation and crop plants*, Washington, D. C., published by the Carnegie Institution of Washington

231. Weberbauer A., 1911 – Die Pflanzenwelt der peruanischen Anden in ihren Grundzügen dargestellt, vol. 12, In *Die Vegetation der Erde*, Engler A., Pruden O. (Eds.), Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann
232. Westman W. E., 1981 – Seasonal dimorphism of foliage in Californian coastal sage scrub. *Oecologia*, 51: 385-388
233. Wetzel R. G., 1983 – *Limnology*, Philadelphia. Saunders College Publishing
234. Whitmore T. C., 1989a – Southeast Asian tropical forests, In *Ecosystems of the World Vol. 14B. Tropical Rain Forest Ecosystems: Biogeographical and Ecological Studies*, H. Lieth and M. J. A. Werger (Eds.), Elsevier, Amsterdam, pp. 195-218
235. Wiesner J., 1909 – *Organographie und systematik der pflanzen*, Wien und Leipzig, Alfred Hölder
236. Willson M. F., 1983 – *Plant reproductive ecology*, John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore
237. Winkler H., 1939 – Versuch eines „natürlichen“ Systems der Früchte. *Beitr. Biol. Pfl.*, 26: 201-220
238. Winkler H., 1940 – Zur Einigung und Weiterführung in der Frage des Fruchtsystems. *Beitr. Biol. Pfl.*, 27: 92-130
239. Wright I. J., Reich P. B., Westoby M., Ackerly D. D., Baruch Z., Bongers F., Cavender-Bares J., Chapin F. S., Cornelissen J. H. C., Diemer M., Flexas J., Garnier E., Groom P. K., Gulias J., Hikosaka K., Lamont B. B., Lee T., Lee W., Lusk C., Midgley J. J., Navas M.-L., Niinemets Ü., Oleksyn J., Osada N., Poorter H., Poot P., Prior L., Pyankov V. I., Roumet C., Thomas S. C., Tjoelker M. G., Veneklaas E., Villar R., 2004 – The world-wide leaf economics spectrum. *Nature*, 428: 821-827
240. Yeaton R. I., Travis J., Gilinsky E., 1977 – Competition and spacing in plant communities: the Arizona upland association. *J. of Ecol.*, 65: 587-95
241. Yeo P. F., 1998 – Ruscaceae. In: *Flowering Plants. Monocotyledons. The families and genera of vascular plants*, vol 3, Kubitzki, K (Ed.), Springer, Berlin, Heidelberg, https://doi.org/10.1007/978-3-662-03533-7_51
242. Yeo R. R., Falk R. H., Thurston J. R., 1984 – The morphology of *Hydrilla* (*Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle). *J. of Aquat. Plant Management*, 22: 1-17
243. *** *Flora R.P.R/R.S.R.*, 13 vol., 1952-1976 – Săvulescu T. (redactor principal), Editura Academiei R.P.R/R.S.R., București

Organele plantelor – iar în cartea de față este vorba de organele fanerogamelor, cu accent deosebit pe cele ale angiospermelor, monocotiledonate și dicotiledonate – reprezintă rezultatul unui proces evolutiv de durată, modelat meticulos sub acțiunea factorilor de mediu. Cu această observație simplificată, dar care ascunde în fundal nenumărate și foarte complicate discuții asociate, dorim să subliniem faptul că fiecare concept din morfologia plantelor – de la organele propriu-zise până la termenii corelați acestora – spune o „poveste” biologică care este prea lungă și complicată pentru a putea fi cuprinsă în paginile unei cărți. Ceea ce poate fi cuprins însă, deci și în lucrarea de față, se referă la noțiuni de bază privind organele vegetative și de reproducere ale plantelor.

În plus, ca un element de noutate pentru literatura care se referă la morfologia plantelor, cel puțin din România, am încercat să dăm lucrării de față o tentă ecologică, desigur, departe de a fi exhaustivă.

Autorul.